

Tesis presentada como requisito para optar el título de INGENIERO CIVIL

Asesor: Ing. Aurelio D. Mendoza Montenegro

Firma:

Tesista: Frescia Aely Aparicio Chapiama

Firma:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil
DECANATO

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador, que suscriben, reunidos para estudiar el Trabajo de Tesis, presentado por la ex alumna de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura.

BR. FRESCIA APARICIO CHAPIAMA

TESIS TITULADA

**"EVALUACION DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EXCAVACION SUBTERRANEA
EN EL TUNEL DE DESVIO DEL PROYECTO CENTRAL HIDROELECTRICA
CHAGLLA"**

Oídas las observaciones y las respuestas a las preguntas, lo declaran

... Aprobado ... con el calificativo de ... Muy Bueno ...

En consecuencia, queda en condiciones de ser calificado:

... Apto ...

Por el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **título de INGENIERO CIVIL**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 176 del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 06 de junio de 2014.


ING. CARMEN-CHILON MUÑOZ M.Sc.
PRESIDENTE


DR. EDWIN OMAR VENCES MARTINEZ
SECRETARIO


ING. WALTER WILLY LAMADRID OCHOA M.Sc.
VOCAL

DEDICATORIA

A mi familia, mi motivación

AGRADECIMIENTOS

A mi Asesor, por su compromiso

A mis docentes, por su formación

A mi familia, por su apoyo incondicional

RESUMEN

El 02 de mayo de 2011 se inició la construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla, cuya metodología de avance adoptada fue la ejecución de un Túnel de Desvío para reencauzar las aguas del Río Huallaga y dar lugar al relleno de la Presa, en la fecha límite de Agosto del 2012.

El Objetivo de esta investigación fue analizar y evaluar la productividad de la Excavación Subterránea ejecutada en el Túnel de Desvío, a través del ratio de metros de avance por día obtenido del acompañamiento de la Excavación y compararlos con parámetros de productividad previstos en la elaboración del Expediente técnico, siendo que las condiciones variaron en la realidad.

El Túnel de Desvío tiene una longitud de 1111.20 m y una sección de 139.48 m². La excavación, se excavó desde tres frentes de trabajo en dos fases: bóveda y banco.

Se inició el análisis de Productividad de Túnel de Desvío, haciendo un comparativo entre el Presupuesto Base elaborado en el 2011 y el Acompañamiento de Ejecución de los Años 2011 y 2012. En términos generales la Excavación del Túnel de Desvío tuvo un incremento de \$ 3'323,796.35 pero en relación al plazo, llegamos a culminar la excavación con 68 días de anticipación. En los tres frentes de trabajo, el análisis arrojó que, en el Frente 01 Aguas Arriba, la Productividad con respecto a la Ingeniería Básica cayó considerablemente, el Frente 01 Aguas Abajo presentó baja productividad debido a condiciones geológicas y en el Frente 02, a pesar de la presencia de 87.1 m de Roca Tipo V, la Productividad medida en términos de m/día resultó favorable.

Además, se recopilaron los datos de los tres equipos más utilizados dentro de la Excavación del Túnel de desvío, Jumbo, Cargador Frontal y Volquetes, se hizo el levantamiento de tiempos utilizados en el Proceso productivo, identificando las actividades Productivas, Contributivas, y No Contributivas.

Se evaluaron los datos de los tres últimos meses de Excavación, Mayo, Junio y Julio, de cada mes se eligió 1 frente representativo de la Excavación de Bóveda, a excepción de Julio, donde solo se trabajó en Banco y se llegó a la conclusión de que ninguno de los equipos alcanzó el porcentaje óptimo previsto de 60%.

Palabras Clave: Túnel, Productividad, Excavación Subterránea.

ABSTRACT

On May 2, 2011 the construction of the Hydroelectric Project Chaglla whose breakthrough methodology adopted was started implementing a Diverting Tunnel to redirect the waters of the Huallaga River and lead to the filling of the dam, the closing date August 2012.

The objective of this investigation was to analyze and evaluate the productivity of the Underground Excavation executed in Diverting Tunnel, through the feed ratio of meters per day obtained from the accompanying Excavation and compare productivity parameters provided in the preparation of the Technical File conditions being varied in reality.

The Diverting Tunnel has a length of 1111.20 m and a section 139.48 m² of excavation, was excavated from three fronts in two phases: Bench and Vault.

Began with the Analysis Productivity Diverting Tunnel making a comparison between the Base Budget prepared in 2011 and Accompaniment of the execution of the years 2011 and 2012. In general the Excavation of the Diverting Tunnel had an increase of \$ 3 ' 323,796.35 but in planning, the excavation finished 68 days in advance. In all three work fronts , the analysis showed that in the Front 01 Upstream the productivity with respect to Basic Engineering felt considerably , Front 01 Downstream showed low productivity due to geological conditions and the Front 02 , despite the presence of 87.1 m Rock Type V , the Productivity measured in terms of m/day was favorable.

In addition, collected information from three main equipment used in the Diverting Tunnel excavation: Jumbo, Front Loader and Dump Trucks were collected time measurements used in the production process are made, identifying Productive activities, Contributory and Non-Contributory.

Was evaluate the last three months of excavation, May, June and July of each month was chosen 1 front representative of Excavation Vault, except July only worked at Bench and we concluded neither of the equipment reached the optimal expected percentage of 60 %.

Keywords: Tunnel, Productivity, Underground Excavation.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN-----	1
2. MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO: REVISIÓN DE LITERATURA-----	3
2.1 PROYECTO “CENTRAL HIDROELECTRICA CHAGLLA” DESCRIPCIÓN -----	3
2.1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA Y DELIMITACION POLITICA -----	3
2.1.1.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS -----	5
2.1.2 GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PROYECTO CH CHAGLLA. -----	9
2.1.2.1 GEOMORFOLOGÍA LOCAL -----	9
2.1.2.2 GEOLOGÍA REGIONAL -----	12
2.1.3 ACCESIBILIDAD-----	18
2.1.4 INGENIERIA DEL PROYECTO -----	20
2.1.4.1 EL PROYECTO -----	20
2.1.4.2 EL PROYECTO ACTUAL-----	20
SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL -----	26
PRESERVACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL -----	26
IMPACTO SOCIAL ECONÓMICO-----	27
2.2 PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION -----	28
2.2.1 INTRODUCCIÓN -----	28
2.2.2 PRODUCTIVIDAD EN EL TIEMPO-----	29
2.2.2.1 PERSPECTIVA HISTORICA DE PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN -----	29
2.2.2.2 PRODUCTIVIDAD EN LA ACTUALIDAD - LEAN CONSTRUCTION ---	33
2.2.3 PRODUCTIVIDAD: DEFINICIÓN Y OTROS ASPECTOS -----	37
2.2.3.1 GESTIÓN DE PRODUCTIVIDAD EN EMPRESAS DE CONSTRUCCIÓN- 41 GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD COMO SOPORTE A LA INNOVACIÓN--	42
2.2.3.2 SER UN AGENTE DE CAMBIO -----	43

2.2.3.3 PRODUCTIVIDAD Y PRODUCCIÓN-----	44
FACTORES HUMANOS QUE AFECTAN A LA PRODUCTIVIDAD -----	47
FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN A LA PRODUCTIVIDAD -----	48
2.2.3.4 RAZONES DE UNA BAJA PRODUCTIVIDAD -----	49
2.2.3.5 INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD -----	50
FACTORES HUMANOS Y PRODUCTIVIDAD-----	52
PRODUCTIVIDAD Y MANAGEMENT -----	53
GESTIÓN DE LOS MATERIALES -----	53
CONSTRUCTABILITY (CONSTRUCTABILIDAD) -----	54
GESTIÓN DE LOS CAMBIOS-----	54
MEDIR UN PROCESO DE PRODUCCIÓN-----	55
2.2.3.6 TEORÍA DEL VALOR GANADO -----	55
2.2.4 TIPOS DE TRABAJO -----	56
2.3 TUNEL DE DESVÍO: PROCESO PRODUCTIVO. -----	56
2.3.1 TUNEL: DEFINICIÓN Y PROCESO PRODUCTIVO-----	56
2.3.1.1 DEFINICIÓN-----	56
2.3.1.2 EXCAVACIÓN SUBTERRANEA CON VOLADURA: PROCESO PRODUCTIVO -----	59
ESQUEMA DE TIRO Y PERFORACIÓN DE BARRENOS, CARGA DE LOS TALADROS CON EXPLOSIVOS, VOLADURA Y VENTILACIÓN	60
DESESCOMBRO Y SANEAMIENTO -----	65
REVESTIMIENTO -----	66
2.3.2 TUNEL DE DESVIO CH CHAGLLA -----	67
2.3.2.1 TUNEL DE DESVIO CH CHAGLLA: DESCRIPCIÓN GENERAL -----	67
GEOLOGÍA LOCAL -----	68
TUNEL DE DESVÍO -----	69
2.3.2.2 TUNEL DE DESVIO CH CHAGLLA: PROCESO PRODUCTIVO-----	71

EVALUACIÓN GEOLÓGICA, CARTOGRAFIADO Y DEFINICIÓN DEL SOSTENIMIENTO -----	72
SOSTENIMIENTO CON CONCRETO LANZADO-----	72
MARCACIÓN TOPOGRÁFICA -----	73
PERFORACIÓN -----	74
INSTALACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE -----	75
CARGUÍO DE LOS EXPLOSIVOS -----	76
DISPARO Y VENTILACIÓN -----	77
EXTRACCIÓN DEL MATERIAL VOLADO -----	77
DESATADO MECÁNICO Y/O MANUAL -----	77
3. MATERIAL Y MÉTODOS: EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EXCAVACION SUBTERRÁNEA EN EL TÚNEL DE DESVÍO DEL PROYECTO CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHAGLLA -----	79
COMPARATIVO DE COSTOS -----	81
RESUMEN DE EXCAVACIÓN – RATIOS -----	84
Ratios Ingeniería Básica -----	84
Ratios de Ejecución por Frentes - Bóveda -----	84
DETERMINACIÓN DE TIPO DE TRABAJO DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS -	89
LEVANTAMIENTO DE TIEMPOS – TRES ULTIMOS MESES DE EXCAVACIÓN ⁹¹	
EXCAVACIÓN MAYO 2012 -----	91
EXCAVACIÓN JUNIO 2012-----	102
EXCAVACIÓN JULIO 2012 -----	113
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES -----	121
5. CONCLUSIONES -----	125
6. RECOMENDACIONES -----	130
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	132
8. ANEXOS -----	133

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 2.1. Ubicación Geográfica de capitales de distritos involucrados en la Central Hidroeléctrica Chaglla Huánuco -----	4
Cuadro 3.1 Resumen de Excavación de Ventana de Acceso al Túnel de Desvío-----	79
Cuadro 3.2 Análisis de Costos, comparativo Presupuesto 2011 y Ejecutado-----	82
Cuadro 3.3 Diferencias de Costos, Presupuesto 2011 y Ejecutado-----	83
Cuadro 3.4 Avance por Tipo de Roca según Ingeniería Básica-----	84
Cuadro 3.5 Excavación de Bóveda Frente 01 Aguas Arriba – Ratio m/voladura -----	84
Cuadro 3.6 Excavación de Bóveda Frente 01 Aguas Arriba – Ratio m/día -----	85
Cuadro 3.7 Excavación de Bóveda Frente 01 Aguas Abajo – Ratio m/voladura -----	86
Cuadro 3.8 Excavación de Bóveda Frente 01 Aguas Abajo – Ratio m/día -----	86
Cuadro 3.9 Excavación de Bóveda Frente 02 – Ratio m/voladura-----	87
Cuadro 3.10 Excavación de Bóveda Frente 02 – Ratio m/día-----	88
Cuadro 3.11 Excavación de Bóveda Túnel de Desvío – Ratio m/día -----	88
Cuadro 3.12 Equipo de Perforación -----	89
Cuadro 3.13 Equipo de Movimiento de Tierras -----	90
Cuadro 3.14 Equipo de Movimiento de Tierras - Transporte -----	90
Cuadro 3.15 Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 1 -----	93
Cuadro 3.16 Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 2 -----	94
Cuadro 3.17 Control de Tiempos del 26 de Abril al 25 de Mayo del 2012 -----	95
Cuadro 3.18 Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 1 -----	96
Cuadro 3.19 Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 2 -----	97
Cuadro 3.20 Control de Tiempos del 26 de Abril al 25 de Mayo del 2012 -----	98
Cuadro 3.21 Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 1 -----	99
Cuadro 3.22 Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 2 -----	100
Cuadro 3.23 Control de Tiempos del 26 de Abril al 25 de Mayo del 2012 -----	101
Cuadro 3.24 Excavación de Bóveda Frente 02 Turno Noche -----	102

Cuadro 3.25	Registro de Muestreo de Jumbo – Parte 1 -----	104
Cuadro 3.26	Registro de Muestreo de Jumbo – Parte 2 -----	105
Cuadro 3.27	Control de Tiempos del 26 de Mayo al 25 de Junio del 2012 -----	106
Cuadro 3.28	Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 1 -----	107
Cuadro 3.29	Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 2 -----	108
Cuadro 3.30	Control de Tiempos del 26 de Mayo al 25 de Junio del 2012 -----	109
Cuadro 3.31	Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 1 -----	110
Cuadro 3.32	Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 2 -----	111
Cuadro 3.33	Control de Tiempos del 26 de Mayo al 25 de Junio del 2012 -----	112
Cuadro 3.34	Excavación de Bóveda Frente 02 Turno Noche -----	113
Cuadro 3.35	Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 1 -----	115
Cuadro 3.36	Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 2 -----	116
Cuadro 3.37	Control de Tiempos del 26 de Junio al 25 de Julio del 2012 -----	117
Cuadro 3.38	Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 1 -----	118
Cuadro 3.39	Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 2 -----	119
Cuadro 3.40	Control de Tiempos del 26 de Junio al 25 de Julio del 2012 -----	120

LISTADO DE FIGURAS

Imagen 2.1. Ubicación de la Central Hidroeléctrica de Chaglla	4
Imagen 2.2. Mapa Temático de las Temperaturas Medias Anuales en base a los datos del SENAMHI.	7
Imagen 2.3. Mapa Temático de Radiación Solar Anuales elaborado en base a datos del SENAMHI, para el territorio nacional	7
Imagen 2.4. Mapa Temático de Precipitaciones Anuales elaborado en base a datos del SENAMHI, para el territorio nacional	8
Imagen 2.5. Mapa Temático de Altimetría elaborado en base a valores de cotas cuya fuente de origen es de escala 1/100,000 del IGN.	8
Imagen 2.6. Mapa Geomorfológico Local del Área del Proyecto	11
Imagen 2.7.- Columna Estratigráfica Generalizada del Área del Proyecto.	12
Imagen 2.8.- Roca calcárea del Grupo Pucará (caliza en bancos gruesos) afectada por un fuerte diaclasamiento en tres direcciones preferentes.....	14
Imagen 2.9. Mapa Geológico Regional	17
Imagen 2.10. Central Hidroeléctrica de Chaglla: Accesibilidad local	19
Imagen 2.11. Casa de Máquinas – Animación de Proyecto terminado	21
Imagen 2.12. Casa de Máquinas – En Construcción	21
Imagen 2.13. Zona de Presa – Túnel de Desvío. Proyecto Terminado	23
Imagen 2.14. Presa en Construcción	24
Imagen 2.15. Vertederos – Animación de Proyecto Terminado	24
Imagen 2.16. Túnel de Aducción – Trayectoria	25
Imagen 2.17. Pequeña Central Hidroeléctrica – Animación de Proyecto Terminado	26
Imagen 2.18. Concepto de la producción como una transformación	35
Imagen 2.19. Concepto de la producción como Flujo.....	36
Imagen 2.20. Concepto de la producción como un proceso para generar valor	36
Imagen 2.21. Pérdida de Productividad debido a Horas Extras	45
Imagen 2.22. Efecto del Overstaffing	46
Imagen 2.23. Curva de Aprendizaje.....	48

Imagen 2.24. Secuencia de Excavación y Sostenimiento en avance por Perforación y voladura-----	58
Imagen 2.25. Tuneladora TBM “Robbins” para rocas -----	59
Imagen 2.26. Esquema de Tiro -----	60
Imagen 2.27. Tipos de Cuele -----	61
Imagen 2.28. Ejemplo de perforadora jumbo. -----	63
Imagen 2.29. Sección teórica del túnel para perforación y voladura. -----	65
Imagen 2.30. Sección de Túnel de Desvío -----	69
Imagen 2.31. Curva Caudal – Elevación del Túnel de Desvío -----	71
Imagen 2.32. Sostenimiento con Concreto Lanzado (Shotcrete). -----	73
Imagen 2.33. Marcación Topográfica -----	74
Imagen 2.34. Perforación con Jumbo -----	75
Imagen 2.35. Colocación de pernos de Anclaje-----	76
Imagen 2.36. Carguío de Explosivos y formación de malla. -----	76
Imagen 2.37. Extracción de Material de voladura. -----	77
Imagen 2.38. Desatado Manual -----	78
Imagen 2.39. Desatado Mecánico -----	78
Imagen 3.1. Metodología de Excavación de Túnel de Desvío, Identificación de Frentes -	80
Imagen 3.2. Fases de Excavación Túnel de Desvío -----	81
Imagen 3.3. Tipos de Trabajos – Jumbo -----	95
Imagen 3.4. Tipos de Trabajos – Cargador Frontal -----	98
Imagen 3.5. Tipos de Trabajos – Camiones Volquetes -----	101
Imagen 3.6. Tipos de Trabajos – Jumbo -----	106
Imagen 3.7. Tipos de Trabajos – Cargador Frontal -----	109
Imagen 3.8. Tipos de Trabajos – Camiones Volquetes -----	112
Imagen 3.9. Tipos de Trabajos – Cargador Frontal Roca -----	117
Imagen 3.10. Tipos de Trabajos – Camiones Volquetes -----	120

1. INTRODUCCIÓN

Una de las obras más interesantes en nuestra carrera de Ingenieros Civiles, es una Central Hidroeléctrica, la cual, además, de ser generadora de energía de manera limpia, involucra diferentes tipos de trabajos asociados tales como carreteras, excavación subterránea (túneles), obras civiles (estructuras , sub estructuras) y explanaciones.

Para lograr la generación de energía, es necesario el recorrido del agua a grandes velocidades o desniveles, lo cual se logra a través de un embalse, pasando por tuberías de aducción hasta llegar a una casa de máquinas, sin embargo, nada de esto sería posible, sin la construcción de una Presa, la cual, para su construcción necesita que las aguas del río desvíen su cauce original.

La Central Hidroeléctrica Chaglla, tiene un contrato EPC (Engineering, Procurement and Construction) el cual indica que la obra será realizada en 57 meses, sin embargo, se ha planteado el reto de hacerla en 48 meses, la metodología adoptada fue la ejecución de un Túnel de Desvío para reencauzar las aguas del Río Huallaga y dar lugar al relleno de la Presa, el planeamiento inicial se modificó a 9 meses antes, siendo un punto decisivo la ejecución de este Túnel en la fecha límite de Agosto del 2012.

La ejecución de un túnel, involucra diversos factores, tales como, tipos de roca, filtraciones de agua, personal capacitado, equipos adecuados, materiales necesarios, todo ello impacta directamente en la productividad de los trabajos de excavación subterránea, y surge la necesidad de optimizar los tiempos y el costo, obteniendo un trabajo con calidad.

El instrumento principal de generar mayores índices de productividad, es la utilización de diferentes y más efectivos métodos constructivos, estudio de tiempos, es decir, rendimiento, utilización de equipos y la presentación de los materiales de acuerdo a las necesidades, y un sistema de pagos y descansos que mantengan el capital humano con la motivación suficiente para generar mayores y mejores trabajos.

Referente al ciclo productivo de la excavación subterránea, en teoría y dependiendo del tipo de roca, tiene una duración de dos turnos de once horas, esto dividido en las siguientes actividades de: replanteo y perforación, carguío de taladros, voladura y ventilación, limpieza, evaluación geológica y sostenimiento, que definitivamente ocupan porcentajes diferentes de tiempo.

El Objetivo de esta investigación fue analizar y evaluar la productividad de la Excavación Subterránea ejecutada en el Túnel de Desvío, a través del ratio de metros de avance por día obtenido del acompañamiento de la Excavación y compararlos con parámetros de productividad previstos en la elaboración del Expediente técnico, siendo que las condiciones variaron en la realidad.

Para analizar la productividad de la excavación subterránea en el Túnel de Desvío de la CH Chaglla, se realizó un análisis de los datos contabilizados los tres últimos meses de Excavación; a través de tres equipos principales de la Actividad, como son: Jumbo, equipo de perforación, Cargador frontal, equipo de acarreo de material, y volquete, equipo de traslado de material. Ello, teniendo en cuenta que el tiempo fue utilizado en diferentes tipos de trabajos, Productivos, Contributorio y no contributorio.

Se realizó un comparativo de Costo Previsto vs Costo de Ejecución, analizando el impacto de la anticipación, todo ello, permitió determinar si pese a la reducción del plazo de ejecución, los trabajos realizados de excavación subterránea en el Túnel de Desvío de la CH Chaglla fueron realmente productivos, se cumplieron los avances previstos o resultaron atrasados.

Se buscó definir la productividad como la relación entre el Túnel de Desvío excavado (producto) y los recursos y factores antes mencionados, utilizados en el tiempo esperado.

Este análisis servirá de forma directa para las obras subterráneas que restan en el proyecto, alrededor de 16 Km, y para próximos proyectos con presencia de túneles.

2. MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO: REVISIÓN DE LITERATURA

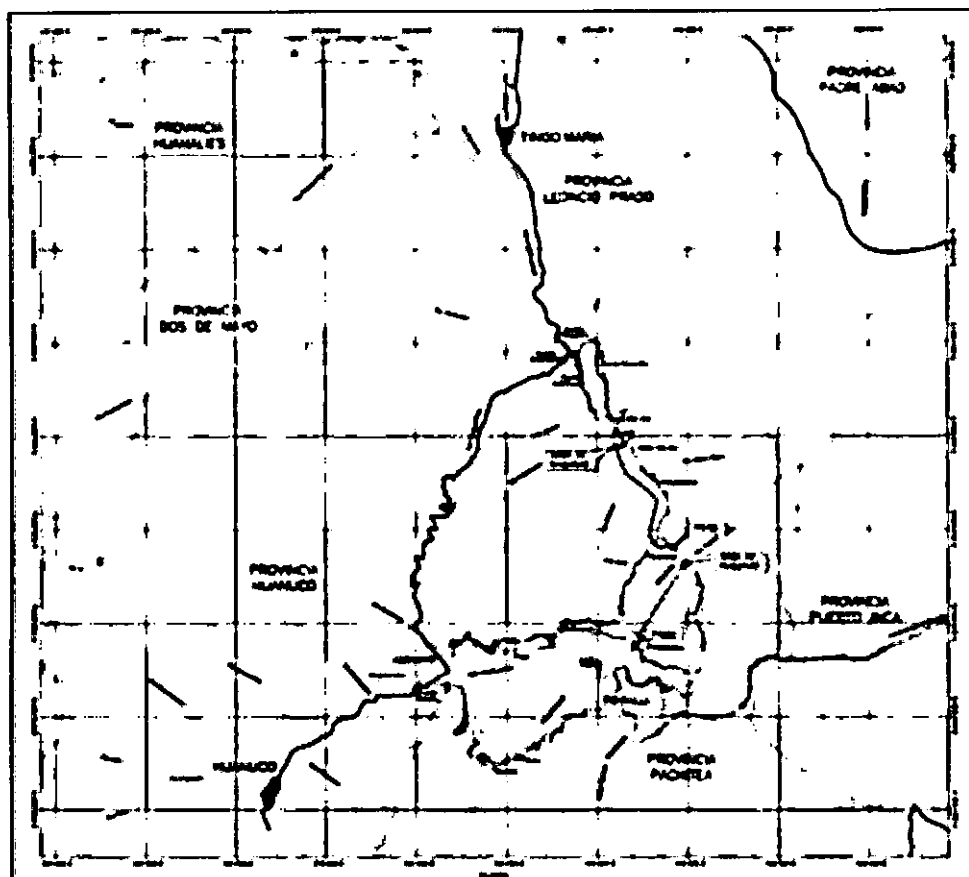
2.1 PROYECTO “CENTRAL HIDROELECTRICA CHAGLLA” DESCRIPCIÓN.

El Aprovechamiento de la Central Hidroeléctrica Chaglla está situado en el centro-este de Perú, en el departamento de Huánuco, La Presa está ubicada en las coordenadas UTM W 408.440 y S 8.928.080 y la Casa de Máquinas Principal en W 402.721 y S 8.938.794.

2.1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA Y DELIMITACION POLITICA

Este proyecto comprende una presa de enrocado y cara de concreto en medio del Río Huallaga, a 1000 msnm y aproximadamente a 2 km aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Lluto, la devolución está en la cota 825 a 2,5 km aguas arriba de la desembocadura del río Mallacután; es decir, la presa se ubica entre las quebradas Lluto y Saria, mientras que la descarga se ubica a 1.5 km al norte del Centro Poblado Santa Rita Sur.

Políticamente, el área de estudio del proyecto se encuentra dentro del distrito de Chinchao - provincia de Huánuco y distrito de Chaglla - provincia de Pachitea en el departamento de Huánuco, situado en la parte nor-central del país, con territorios de sierra y de selva de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes.



Fuente: Archivos digitales de Proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla

Imagen 2.1. Ubicación de la Central Hidroeléctrica de Chaglla

A continuación, se muestra la ubicación geográfica de la capital del distrito de Chaglla – provincia de Pachitea, el cual está situado en latitud Sur 09°50'42" y longitud 75°54'16" a una altitud promedio de 3,000 m.s.n.m., distrito de Chinchao – provincia de Huánuco, el cual está situado en latitud Sur 09°48'08" y longitud 76°04'16" a una altitud promedio de 2,110 m.s.n.m.

Cuadro 2.1. Ubicación Geográfica de capitales de distritos involucrados en la Central Hidroeléctrica Chaglla Huánuco

Departamento	Provincia	Distrito	Localización (Punto de referencia)		
			Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud m.s.n.m.
Huánuco	Pachitea	Chaglla	09°50'42"	75°54'11"	3000
Huánuco	Huánuco	Chinchao	09°48'08"	76°04'16"	2110

Fuente: INEI: Ubicación geográfica (2008)

2.1.1.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS

Climatología

El área del proyecto se caracteriza por tener un clima húmedo y lluvioso, dependiendo de la estación

A nivel de la cuenca del río Huallaga (Ver Figuras N ° 2, 3, 4 y 5), este sub espacio geográfico presenta dos conjuntos espaciales diferenciados: el valle interandino y la selva alta; con clima variado;

En la zona andina de los 2,500 a 3,500 msnm, el clima es frígido y muy frígido, con temperaturas entre 8 y 10° C y 4 y 6° C. y precipitaciones entre 500 y 1500 mm/año (alturas de San Rafael, Colpas, Cayna, San Francisco de Mosca, Churubamba, Margos, Yarumayo, San Pedro de Chaulán, Jesús, Panao, Chaglla y Molinos).

En el valle del Huallaga; (parte baja de los distritos de Tomaykichwa, Ambo, Huácar, Conchamarca, Huánuco, Santa María del Valle, Churubamba, Chinchao y Umari); la temperatura máxima de verano llega a 28° C. Las épocas de lluvias se presentan con mayor intensidad durante los meses de febrero, marzo y abril y, octubre, noviembre y diciembre, alcanzando precipitaciones pluviales entre 800 y 1700 mm.

En la selva alta, conformada por los distritos de José Crespo y Castillo, Mariano D. Beraún, Rupa Rupa, Luyando, Daniel A. Robles, Hermilio Valdizán y Monzón, la precipitación pluvial está por encima de los 2,500 mm/año. La variación térmica es elevada ya que alcanza como máximo 38° C. y mínimo de 17° C, lo que se traduce en ciclos climáticos más acentuados, la combinación de calor y lluvias extremas dan como resultado índices de humedad relativa cercanos al 90% que disminuyen a medida que desciende la altura.

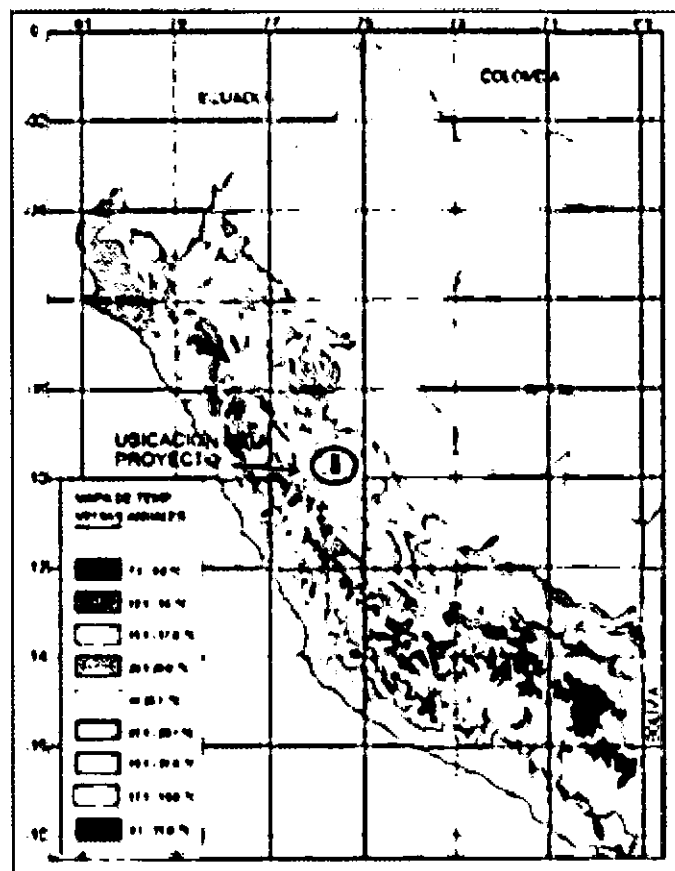
Edafología

Clasificación de Suelos: Asociación LPe.

Los suelos del área de estudio son suelos de poco espesor, suelos LEPTOSOLESEUTRICOS, LPe, generalmente desarrollados a partir de rocas sedimentarias (calizas y lutitas), y rocas volcánicas. Presentan un perfil AC o ACR, con un epidonótrico muy delgado, de color pardo oscuro a pardo rojizo; la reacción es variable, con pH por encima de 5.2 y una saturación de bases (por acetato de amino) mayor de 50%. Asimismo, presentan un alto contenido de fragmentos gruesos en el horizonte superficial, debajo del cual se encuentra la roca o un horizonte esquelético, de litología variada. Son suelos de textura media.

Capacidad de Uso Mayor de los Suelos:

La capacidad de uso mayor de los suelos regionalmente está representado por las siguientes asociaciones de suelos: XP2e y X.



Fuente: <http://www.minedu.gob.pe/DeInteres/xtras/download.php?link>

Imagen 2.2. Mapa Temático de las Temperaturas Medias Anuales en base a los datos del SENAMHI.

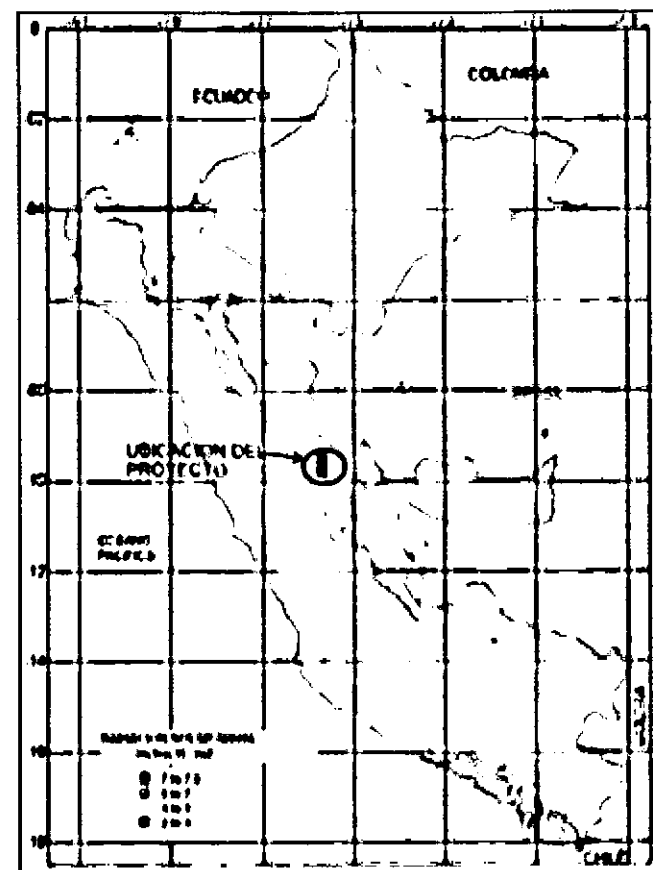


Imagen 2.3. Mapa Temático de Radiación Solar Anuales elaborado en base a datos del SENAMHI, para el territorio nacional.

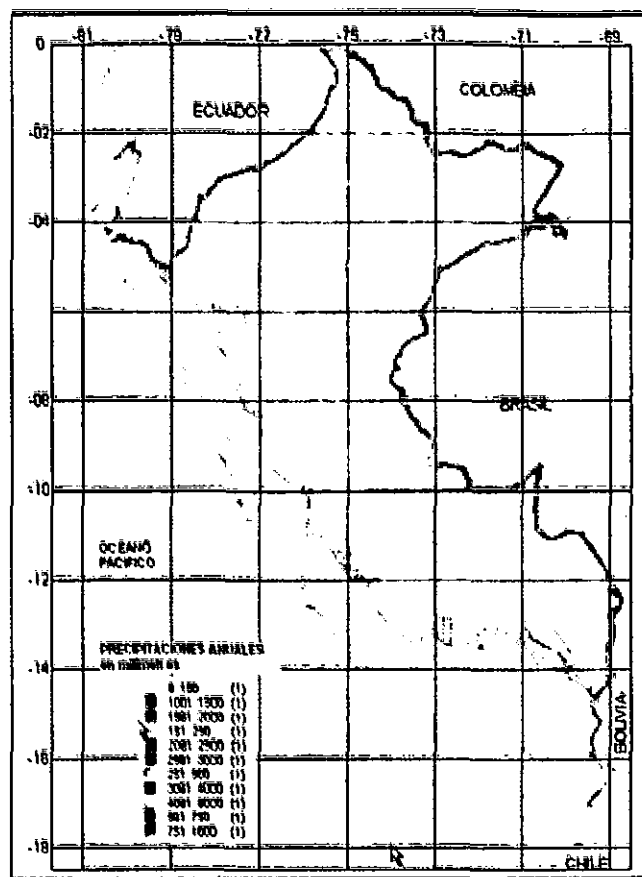


Imagen 2.4. Mapa Temático de Precipitaciones Anuales elaborado en base a datos del SENAMHI, para el territorio nacional.

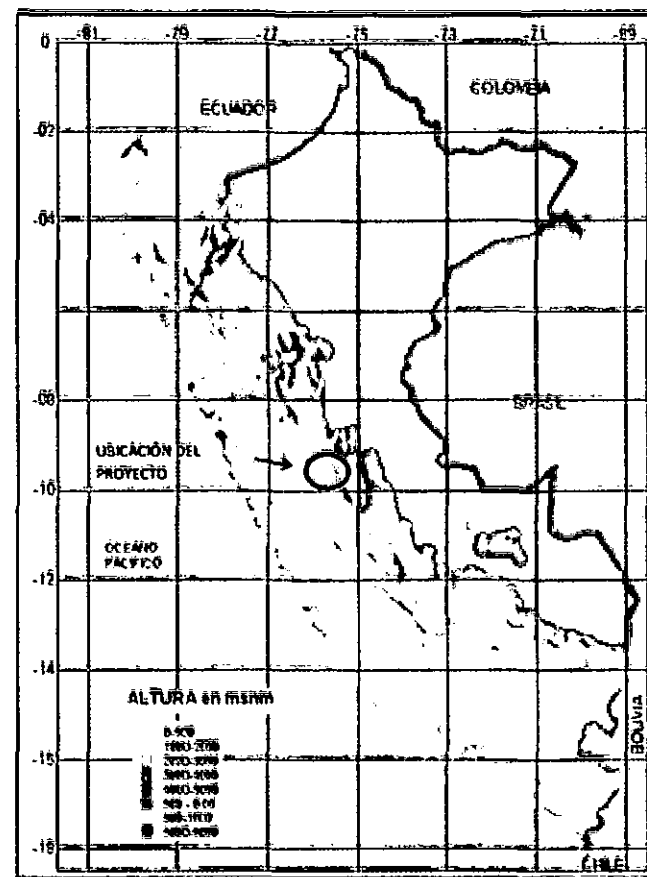


Imagen 2.5. Mapa Temático de Altimetría elaborado en base a valores de cotas cuya fuente de origen es de escala 1/100,000 del IGN.

2.1.2 GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PROYECTO CH CHAGLLA.

2.1.2.1 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

En la zona del proyecto se han determinado ocho unidades geomorfológicas; Valle, Valle Encañonado, Quebradas, Terrazas bajas, Terrazas altas, Laderas de pendiente suaves, Laderas de pendientes fuertes y Cumbres, las mismas que se muestran en el Mapa Geomorfológico Local (Imagen 2.6), las cuales describimos a continuación:

Valle (I).- Unidad geomorfológica que se ha desarrollado a través del río Huallaga presenta relieve con pendientes fuertes, generando en algunas zonas valles encañonados.

Se caracteriza por ser un valle con actividad fluvial durante todo el año. Entre sus afluentes se tienen quebradas con actividad continua a excepción de dos o tres que tienen actividad solo en la temporada de lluvias.

Se notan en algunos sectores terrazas fluviales, en diversos niveles. En algunos sectores esta unidad valle puede ser muy ancho.

Valle Encañonado (II).- se ubica en el curso superior del río Huallaga que atraviesa el área del proyecto. Es un valle más profundo y estrecho que la parte inferior del río Huallaga, su sección transversal es casi siempre simétrica con gran pendiente y con poca sinuosidad o inflexión, debido al control litológico y estructural.

La erosión en el fondo es intensa dando lugar a un fondo en forma de “V”, los flancos son subverticales que en algunos lugares dan lugar a farallones y superficies algo escarpadas.

Quebradas (III).- Se ubica entre las unidades de laderas y los valles, consiste en depresiones estrechas, en algunos casos profundas y con poco recorrido, están rellenadas casi en su totalidad por depósitos aluviales, coluviales y tienen abundante vegetación.

Algunas de estas quebradas tienen cursos de agua durante la época de lluvias.

Los depósitos que rellenan esta unidad son gravas, arenas y limos pobremente seleccionados y ligeramente estratificados, que se acumulan como conos de deyección a ambos lados del valle principal.

En las quebradas secas la depositación ocurre mayormente por flujos rápidos provenientes de las laderas, iniciados en condiciones torrenciales esporádicas.

Terrazas Bajas (IV).- Geoformas depositadas a ambas márgenes del río Huallaga en épocas en que el río pierde energía

Se presentan varios tipos de terrazas, desde bancos cubiertos por una delgada capa de material hasta terrazas compuestas en su totalidad de sedimentos. La selección de granos es pobre pero los clastos muestran una amplia variedad en su origen.

Varias de las terrazas tienen menos de 20 metros de altura y algunas de ellas constituyen zonas de inundación, probablemente son de origen reciente.

Terrazas Altas (V).- Son terrenos de morfología plana no inundables; a mayor altura que las terrazas anteriores localizados al este del límite de las laderas y las terrazas bajas.

Están conformadas por sedimentos terciarios y por una delgada capa superficial de suelo arcilloso con clastos redondeados y subangulosos.

Laderas (VI-VII).- Está constituida por terrenos inclinados y se encuentran en forma adyacente a las cumbres y constituye los flancos de los valles y quebradas. Las pendientes son diversas y están en función a la litología que predomina en el área.

Esta unidad da lugar a la formación de valles y quebradas profundas y es la que cubre la mayor parte del área del proyecto.

De acuerdo a la pendiente que presenten se ha dividido en dos tipos:

Laderas con pendientes moderadas (VI) con pendientes menores de 45° y poca acumulación de suelos, la cual es erosionada intensamente.

Laderas con pendientes fuertes (VII) con pendientes mayores a 45° constituyen relieves accidentados y abruptos, en esta unidad la erosión por escorrentía es intensa, la pendiente de esta ladera está en relación con el buzamiento de las rocas.

Cumbres (VIII).- Esta unidad geomorfológica se ubica en las partes más altas del área, constituye una serie continua de cerros suaves y abruptos, algunas de estas cumbres pasan los 2,000 msnm.

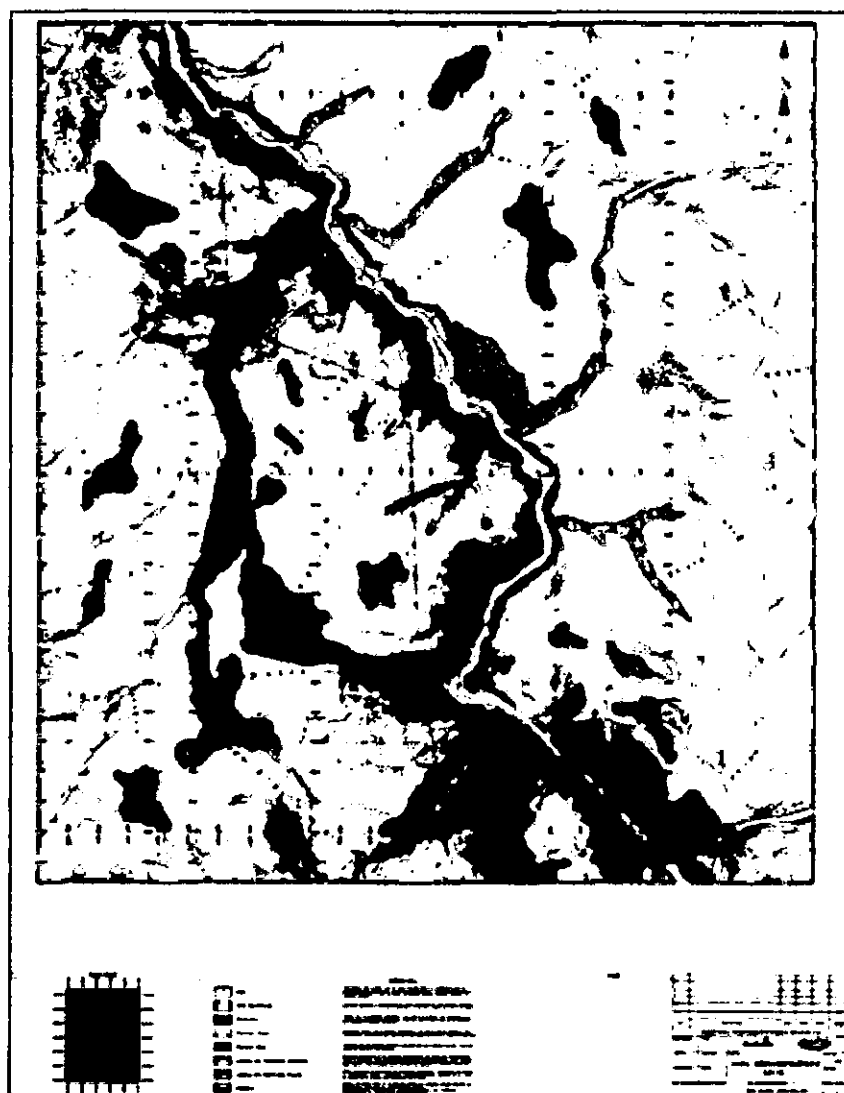


Imagen 2.6. Mapa Geomorfológico Local del Área del Proyecto

2.1.2.2 GEOLOGÍA REGIONAL

Las rocas que se presentan en la región tienen edades que varían desde el Permiano hasta el Cuaternario reciente (Holoceno).

La columna litoestratigráfica generalizada (Imagen 2.8) muestra las características litológicas, grosores, relaciones estratigráficas, así como las edades de las diferentes unidades geológicas que son de naturaleza sedimentaria.

El mapa geológico regional (Imagen 2.9) presenta la distribución de las unidades geológicas que afloran en la región.

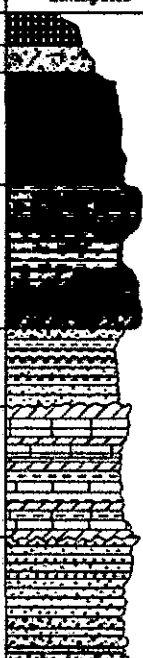
Etapa	Sistema	Serie	Unidades Litoestratigráficas	Columna Estratigráfica	Espesores	Descripción	
Cuaternario	Cuaternario Reciente	Holoceno	Depósitos Aluviales			Grava polimítica con clastos de sub angulosos a angulosos.	
			Depósitos Coluviales			Grava polimítica limo arcillosa mal clasificada.	
Mioceno	Cuaternario Antiguo	Superior	Fm. Chonta		2300	Caliza micítica gris amarillenta a oscura intercalado con areniscas calcáreas y caliza arenosa. Limoarcillas calcáreas gris oscura.	
		Inferior	Gpo. Oriente		1200	Areniscas cuarzosas litica grisáceas de grano fino a grueso intercaladas con lutitas grises. Lutitas grises amarillentas a gris verdosas bien estratificadas intercaladas con areniscas blanco grisáceas. Areniscas cuarzosas gris blanqueadas de grano grueso intercaladas con conglomerados.	
		Jurásico	Superior		Fm. Sarayaquillo	1200	Areniscas finas pardo rojizo intercaladas con limo arcillas y lodolitas rojizas. Al techo niveles de conglomerados.
	Inferior		Gpo. Pucará		+/- 2000	Caliza espartica y micítica gris clara a oscura intercaladas con dolomita y arenisca calcárea, presenta estructura zebra y nódulos. Limoarcillas negras carbonosas intercaladas con areniscas calcáreas y calizas negras.	
					Caliza arenitosa gris blanquecina parcialmente dolomitizada.		
	Triásico	Superior					
		Inferior					
Permiano	Permiano	Superior	Gpo. Mito	+/- 2000	Conglomerados polimíticos con areniscas marrón rojizas con intercalaciones de lutitas. Al techo lavas andesíticas y tobas marrón rojizas.		

Imagen 2.7.- Columna Estratigráfica Generalizada del Área del Proyecto.

Las unidades litoestratigráficas regionales donde está emplazado el Proyecto:

Grupo Mito .- Descrita por Mc LAUGHLIN, D. (1924), por primera vez en el Perú central como una secuencia constituida por rocas continentales de color rojo violeta

Aflora como una franja con dirección NO-SE, y como ventanas en las proximidades de Chaglla y alrededores de Tambo de Vaca, en el sector de Panao.

Las rocas que constituyen esta secuencia son conglomerados, areniscas y lutitas, con algunas intercalaciones de rocas volcánicas (lavas y piroclastos verdosos y violáceos).

En la base se encuentran conglomerados, con intercalaciones de areniscas. Los conglomerados son de naturaleza polimítica con rodados relativamente bien redondeados de rocas graníticas, metamórficas y en menor cantidad rocas sedimentarias, los cantos varían en tamaño desde 5 hasta 20 cm. La matriz arenácea es generalmente escasa y de color marrón rojiza.

En la parte media se encuentran mayormente areniscas con lodolitas intercaladas. Las areniscas son de grano medio a fino, de color marrón, bien estratificadas y localmente tobáceas.

Este grupo culmina con lavas andesíticas y tobas de color marrón rojizo a verdoso, cuyos afloramientos se pueden observar principalmente sobre el río Chaglla.

Las rocas de esta unidad cerca de Chaglla consisten principalmente de lavas andesíticas. No se han reportado fósiles que permitan determinar su edad, pero por su litología similar a la de otros afloramientos de esta unidad ubicados en áreas cercanas se puede inferir que a este grupo tiene una edad que va del Permiano superior al Triásico inferior.

Grupo Pucará.- Este grupo fue estudiado por primera vez en el Perú central por Mc LAUGHLIN, D. (1924) como una secuencia compuesta de calizas bruno a gris claro y areniscas calcáreas negras.

Forma una franja con dirección NNO-SSE. El ancho de los afloramientos es variable alcanzando aproximadamente unos 20 km, estrechándose hacia el Norte.

La parte basal del grupo está compuesta de calizas micríticas un poco dolomíticas, bituminosas y nodulares, la estratificación es mediana a gruesa. En la parte media se

presentan intercalaciones de lutitas y calizas; las lutitas se encuentran estratificadas formando bancos medianos, son de color gris oscuro a negras, las calizas son micríticas gris oscuras a negras, bien estratificadas en capas delgadas a medianas, son algo bituminosas, ocasionalmente son limo-arcillosas, se observan nódulos de chert. El tope de la secuencia lo constituyen calizas micríticas, gris claras, en estratos delgados a muy gruesos afectadas por diaclasamiento intenso, con algunas intercalaciones de dolomitas. Con frecuencia se observan cavidades rellenas de calcita a manera de drusas.

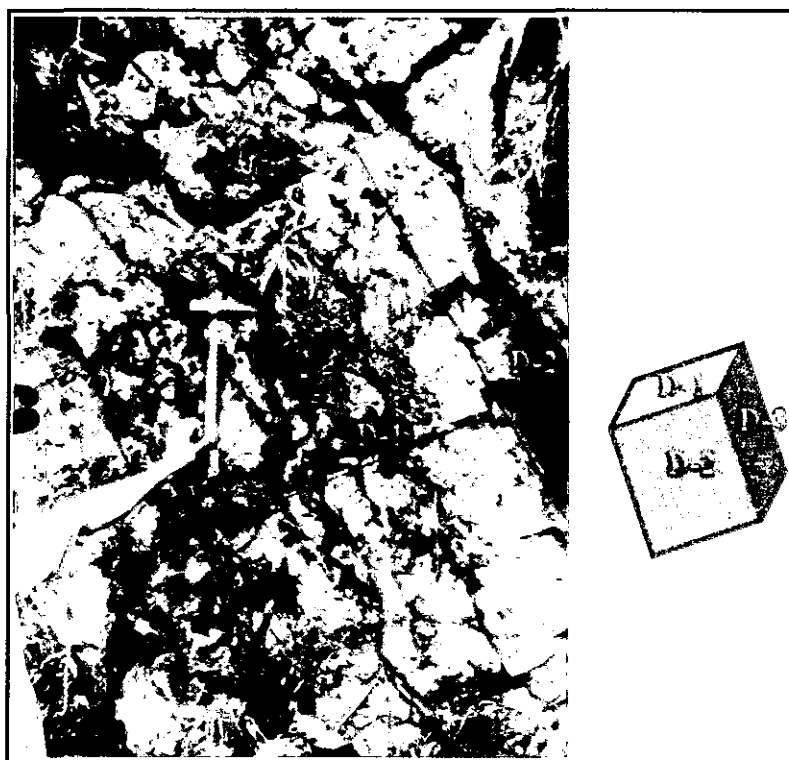


Imagen 2.8.- Roca calcárea del Grupo Pucará (caliza en bancos gruesos) afectada por un fuerte diaclasamiento en tres direcciones preferentes. Una de las diaclasas es paralela al plano de estratificación.

Este grupo fue dividido por MÉGARD, F. (1968) en su localidad típica en el Perú Central, en tres formaciones tomando como base su litología y su contenido fosilífero y las denominó de la base al tope como Formación Chambará, Formación Aramachay y Formación Condorsinga. En el área del proyecto no se ha podido seguir esta clasificación debido a que la secuencia no aflora completamente y solo se ha encontrado la parte superior que corresponde a la Formación Condorsinga.

Formación Sarayaquillo.- Esta formación fue estudiada por KUMMEL B., en 1946 en el río Sarayaquillo como una secuencia de areniscas rojas de grano fino intercaladas con lodolitas y limolitas pardo rojizas con estratificación cruzada. Esta unidad aflora entre Santa Rita Alta y Santa Rita Sur formando un gran pliegue sinclinal de rumbo NO-SE.

Desde la base al tope esta formación consiste de areniscas de grano fino y lutitas de color marrón rojizo, morado rojizo, en parte asociados con areniscas calcáreas; la parte media está compuesta por areniscas de grano fino de color rojo claro a marrón rojizo; localmente intercaladas con lutitas y conglomerados, en parte de la secuencia se encuentra abundantes vetillas de yeso, las que constituyen la característica más saltante de la formación.

Ante la ausencia de fósiles en esta unidad se ha tomado en cuenta su posición estratigráfica con respecto al Grupo Pucará y al Grupo Oriente asignándole una edad correspondiente al Jurásico medio a superior.

Grupo Oriente.- Descrito por KUMMEL, B. (1946) quien le dio el nombre de "Formación Oriente", y constituida por areniscas. Este grupo fue dividido en siete formaciones pero en el sector solo existe un afloramiento muy restringido.

Aflora en el sector de Santa Rita Sur, está compuesta por una secuencia monótona de areniscas cuarzosas de color gris blanquecino a amarillentas, de grano grueso a medio, subredondeados y ligeramente friables, forma bancos medianos a muy gruesos y con estratificación cruzada muy pronunciada; contiene intercalaciones de delgados estratos lenticulares de conglomerados constituidos por gravas; en la parte inferior de la secuencia se presentan intercalaciones lenticulares de lutitas negras a gris oscuras.

El grosor de esta secuencia es de aproximadamente 600 m. Su contacto basal es una clara discordancia angular con la Formación Sarayaquillo, y su contacto superior es concordante y gradacional con la Formación Esperanza. Basados en estudios palinológicos realizados por Petroperú (CALDAS, et. al. 1985) la edad de esta Formación estaría comprendida entre el Berriasiano y el Albiano temprano.

Formación Chonta.- Fue definida por MORÁN y FYFE (1933) como una secuencia de 400 m de calizas cremas a gris claras, margas, esquistos margosos y arcillosos con algunas areniscas y calizas en la base.

Esta secuencia está constituida por lutitas de color rojo violáceo, areniscas rojizas y calizas grises, las areniscas y lutitas contienen abundante matriz calcárea.

En esta formación se puede separar tres miembros, uno inferior constituido por lutitas y areniscas de color rojo a marrón rojizas de grano fino a medio, con intercalaciones de areniscas de grano grueso y areniscas cuarzosas de color blanco; ambas con contenido de una pequeña cantidad de fragmentos calcáreos, presenta también algunas intercalaciones delgadas de calizas nodulares. La parte media consiste mayormente de calizas grises claras a oscuras, en capas tabulares y friables con esporádicas intercalaciones de areniscas cuarzosas en bancos delgados, normalmente las calizas son micríticas en bancos medianos y gruesos, con estructuras algáceas, con ocasionales estilolitos.

Basados en la evidencia paleontológica, la edad de esta formación ha sido determinada como perteneciente al intervalo que va desde el Albiano al Turoniano.

Depósitos Recientes.- En el área de estudio se encuentran diferentes tipos de depósitos recientes que generalmente están rellenando, valles, depresiones y planicies, entre estos se tienen: depósitos aluviales, coluviales.

Depósitos aluviales.- Estos son depósitos que se acumulan en los flancos de los valles y en la quebradas tributarias; cauce de los ríos, llanuras de inundación, terrazas y abanicos aluviales. Están constituidos por conglomerados polimícticos poco consolidados con clastos de tamaño heterogéneos con matriz limo-arcillosa y gravas.

Depósitos Coluviales.- Los depósitos coluviales consisten de detritus heterogéneos e incluyen depósitos de talud y de pendientes consisten en gravas gruesas y finas, arenas inconsolidadas, limos y arcillas.

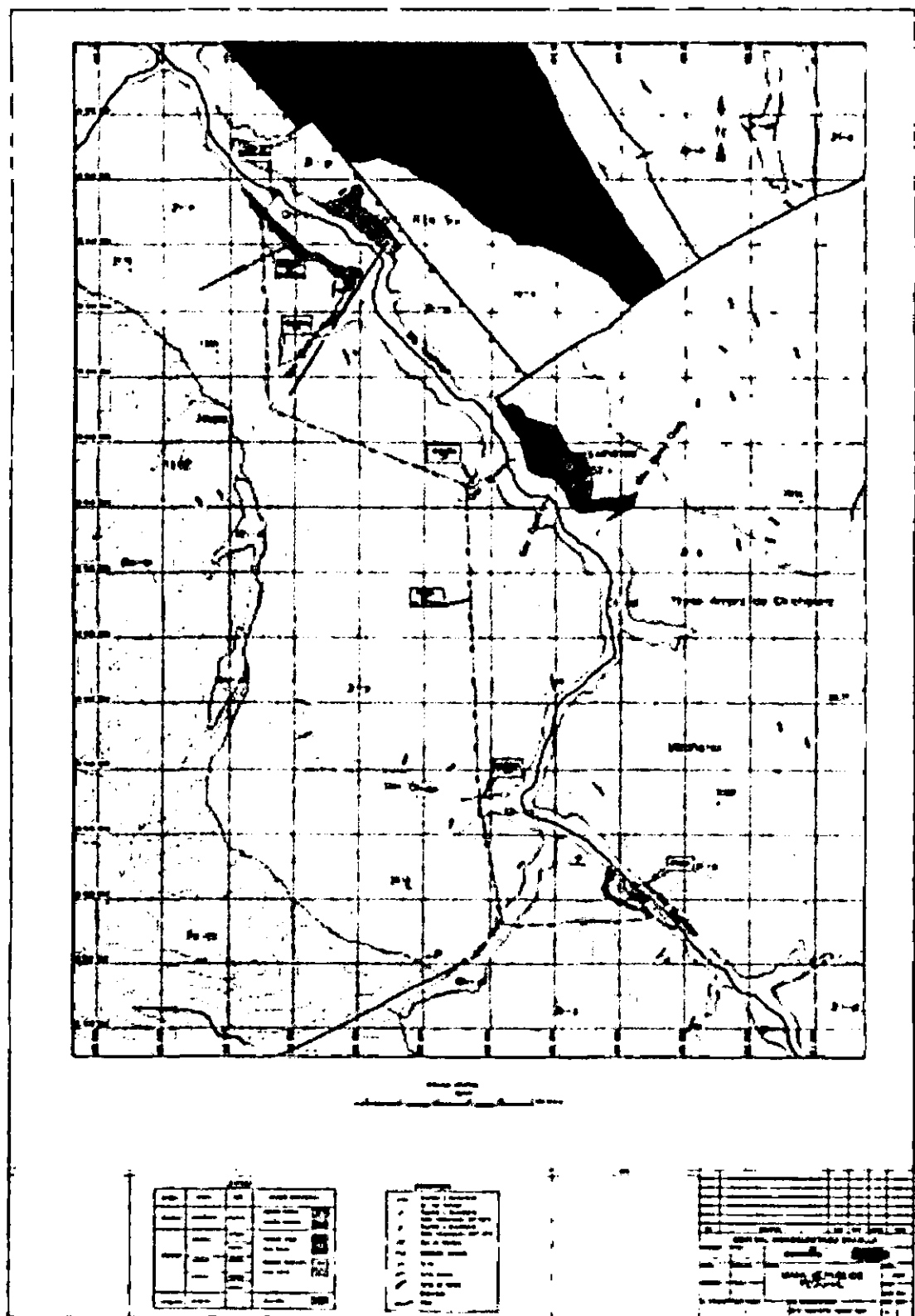


Imagen 2.9. Mapa Geológico Regional

2.1.3 ACCESIBILIDAD

La accesibilidad que tiene el Proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla, con relación a su entorno inmediato y con el país en general, se basa principalmente en el enlace con el tramo de la carretera que une la ciudad de Huánuco con la ciudad de Tingo María, y que pertenece a la carretera Lima-Pucallpa. Ésta a su vez, es integrante de la Interoceánica Centro IIRSA Centro.

La carretera Lima - La Oroya Vía 20, se une con la vía La Oroya - Huánuco vía 3N, y ésta continúa por la Vía Huánuco - Tingo María Vía 16 A, conectándose finalmente ésta con la Carretera Tingo María Pucallpa Vía 5N y posteriormente 16B.

En el trayecto de la carretera Huánuco - Tingo María a la altura del Puente Chinchavito y luego en el puente Cayumba se logra ingresar a las vías de acceso diseñadas para el Proyecto de la Central Hidroeléctrica de Chaglla, estas vías unirán por ambos márgenes del Río Huallaga al proyecto.

Segundo Alternativa – Proyecto Huánuco

Existe otra alternativa de llegar a la zona, pero ella se encuentra en proyección, donde utilizando el desvío hacia la localidad de Molinos y la provincia de Puno hasta la localidad de Chaglla. Esto se consolidara con el próximo proyecto de la Carretera Chaglla - Codo del Pozuzo – Puerto Inca de 251 Km. del Consorcio Vial Pozuzo que abarca el tramo Rumichaca – puente Chorropampa, de una longitud total de 122 kilómetros, y que conectará el vasto y riquísimo territorio de Codo del Pozuzo, en la provincia selvática de Puerto Inca, con la capital huanuqueña inició la elaboración de Expediente Técnico con miras a la construcción de su carretera, que es considerada por la autoridades y población huanuqueña como la etapa antes de hacer realidad “este gran proyecto huanuqueño de los últimos cien años y decenas de generaciones”.

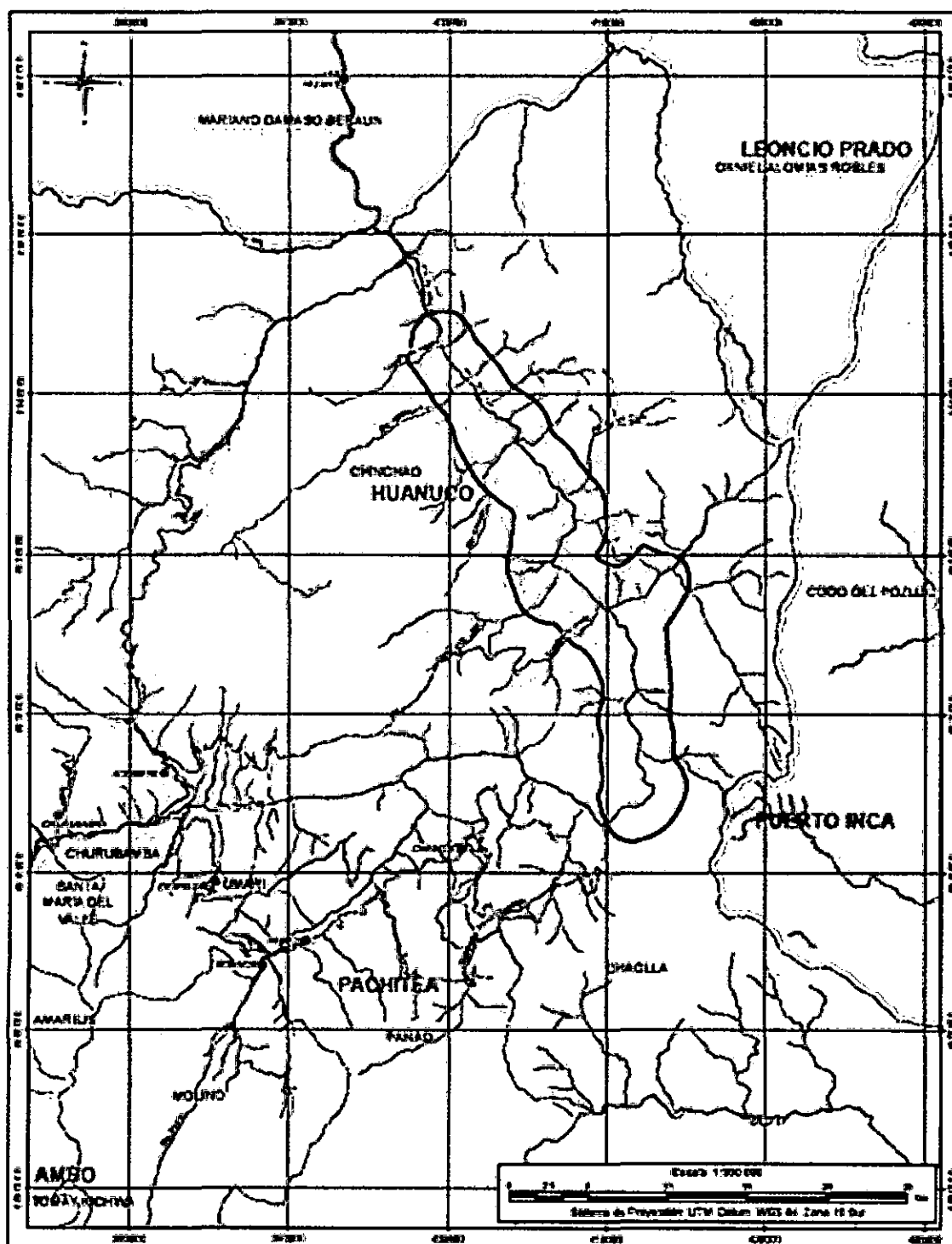


Imagen 2.10. Central Hidroeléctrica de Chaglla: Accesibilidad local

2.1.4 INGENIERIA DEL PROYECTO

2.1.4.1 EL PROYECTO

Existen varios estudios sobre la CH Chaglla, en diferentes niveles y varias alternativas de capacidad instalada de generación y costos de implementación, elaborados por encargo de ELECTROPERÚ S.A., a través de los años.

Posteriormente, la Empresa de Generación Huallaga S.A., desarrolló estudios técnicos de análisis geológicos, hidrológicos, biológicos e hidrobiológicos que sustentan la ubicación definitiva del proyecto. En el mercado eléctrico moderno, el criterio se basa en plantas de generación económicamente adaptadas y con un alto nivel de confiabilidad en el despacho de energía y potencia, dimensionadas para adecuarse al mercado eléctrico y al mercado de capitales de inversión para proyectos privados de generación.

En tal sentido, la Empresa de Generación Huallaga S.A., ha desarrollado estudios de factibilidad para el proyecto de la Central Hidroeléctrica Chaglla.

2.1.4.2 EL PROYECTO ACTUAL

El 02 de mayo de 2011 se inició la construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla, ubicado entre los distritos de Chaglla y Chinchao, provincia de Pachitea, Departamento de Huánuco, a 420 Km de Lima, que tendrá una potencia total de 456 megawatts (MW) 2,716 Gw-h/año (gigawatts hora al año), convirtiéndola en la tercera hidroeléctrica más grande del país, después de la Antúnez de Mayolo ubicada en el Mantaro y Cerro del Águila.

La obra comprende la construcción y puesta en operación comercial de la Central Generadora Principal con 2 unidades con una capacidad de 225 MW cada una; la construcción y puesta en operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica PCH de 6 MW al pie de la presa; y la construcción de la Línea de Transmisión de conexión de la central generadora principal hasta el punto de conexión con el Sistema Interconectado Nacional (SEIN).

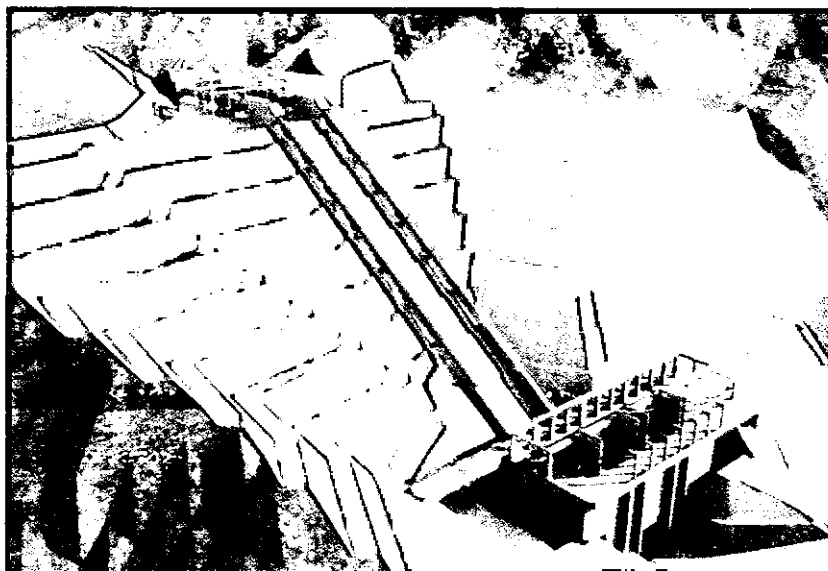


Imagen 2.11. Casa de Máquinas – Animación de Proyecto Terminado

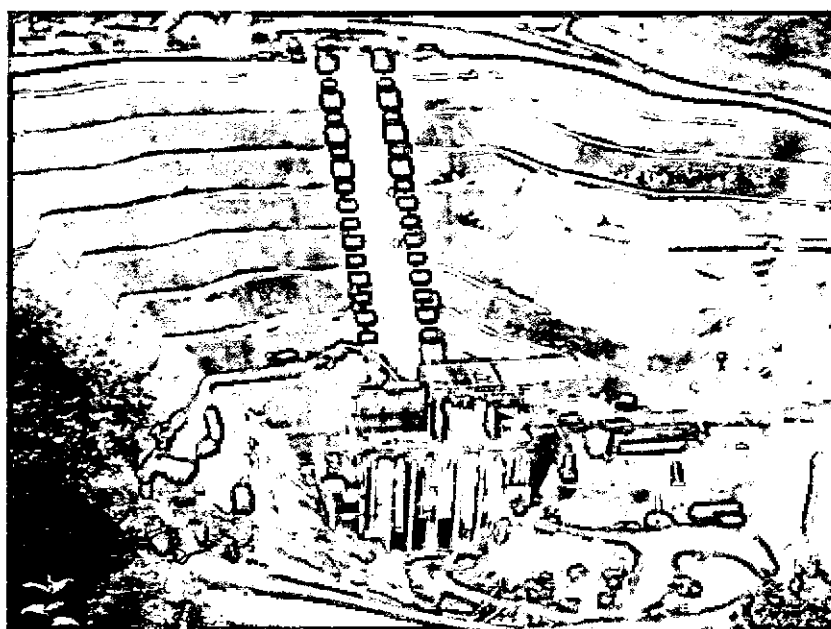


Imagen 2.12. Casa de Máquinas – En Construcción

Para el efecto se emplearán las aguas del río Huallaga, que serán embalsadas a aproximadamente 30 km aguas arriba del centro poblado Cayumba, 50 km de Tingo María en línea recta y 1.5 km aguas abajo de la quebrada Saria.

La Central Hidroeléctrica de Chaglla es una inversión del 100% Privada, tendrá una duración de 57 meses, calculándose que las obras se culminen en enero del 2016.

Los componentes del proyecto se desarrollan sobre la margen izquierda del río Huallaga aproximadamente, entre las cotas 1,000 msnm y los 800 msnm, en el territorio de la comunidad campesina Pillao y Chaglla, en la que están consideradas el Túnel de Desvío de 1,111.2 metros de longitud y 12.5 metros de diámetro; la Presa de Enrocado con cara de concreto de 203 metros de altura; una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) que se ubica al pie de la presa y aprovecha el caudal ecológico de 3.69 m³/s a ser descargado en el sitio de presa, con una potencia instalada de 6 MW.

Así también un Vertedero conformado por 3 túneles con longitud total de 2,518 m y sección de 13.1 x 14.75 metros; un Túnel de Aducción de aproximadamente 14.4 kilómetros, sección tipo herradura de 7.6 metros de altura, 8 metros de diámetro y 6.5 metros de base con pendientes que varían entre 0.5% a 5%, la Casa de Máquinas Principal de concreto construida a cielo abierto, aloja 2 turbinas tipo Francis con una potencia de 225 MW cada una para un total de 450 MW; y, finalmente un camino de acceso definitivo de aproximadamente 30 km de longitud por la margen izquierda que permitirá acceder a la presa.

El desvío del río Huallaga fue hecho a través de un túnel de desvío en la margen izquierda. El túnel tiene 1,111.2 m de longitud y sección tipo baúl de diámetro 12.5 m, contiene la estructura de control que alojará las compuertas. Adicionalmente se tienen una ataguía aguas arriba y aguas abajo, con su cota de coronación en las elevaciones 1,068 m y 1,009 msnm respectivamente que permiten tener el área de la presa sin agua durante su construcción.

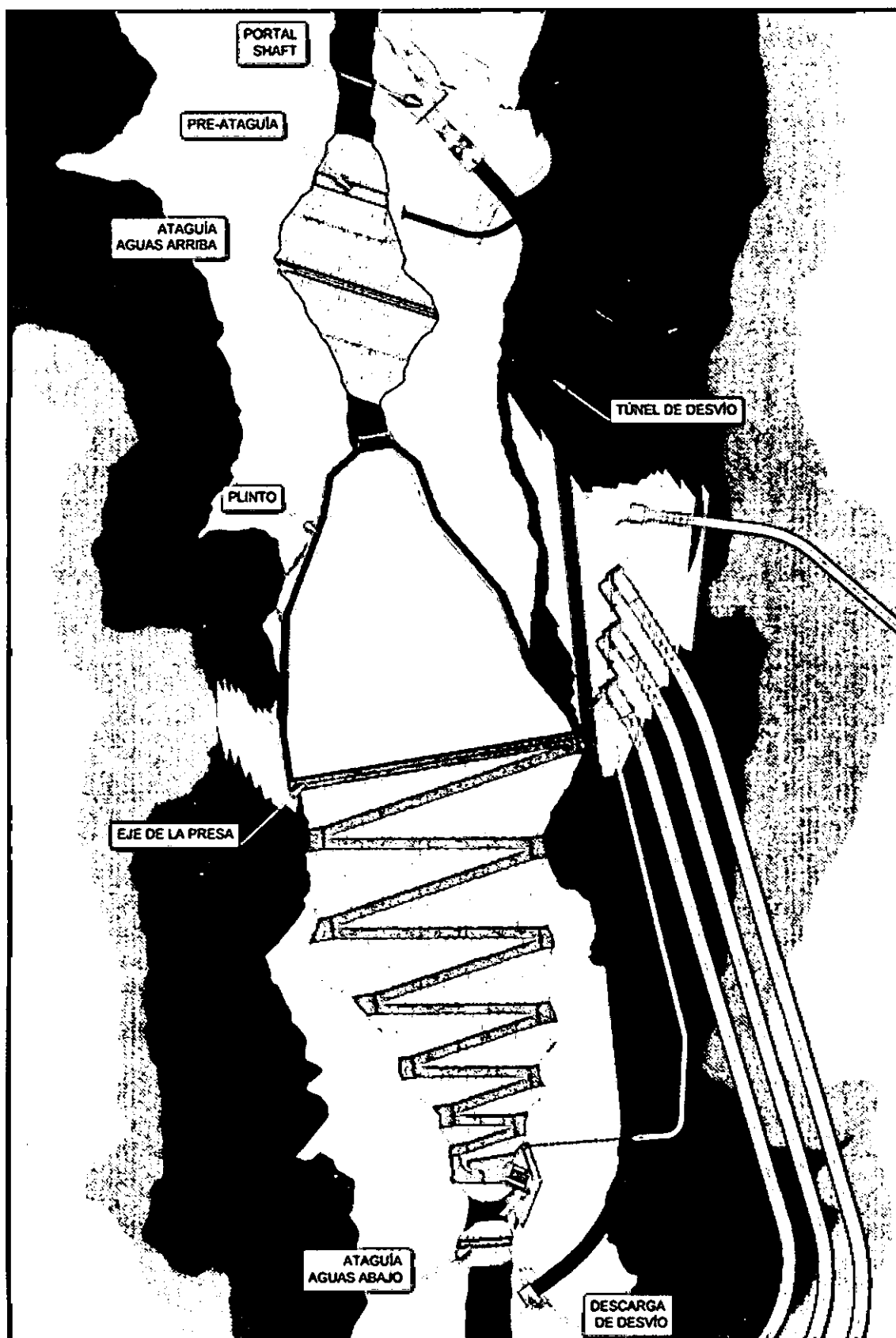


Imagen 2.13. Zona de Presa – Túnel de Desvío. Esquema



Imagen 2.14. Presa en Construcción

En los 3 túneles del vertedero la entrada se ubica en la cota 1,160.50 msnm, tienen una longitud de 737 m, 839 m y 942 m hasta la estructura de salida donde se encuentran las compuertas que regularan los caudales de demasía.



Imagen 2.15. Vertederos – Animación de Proyecto Terminado

La toma de agua del túnel de aducción está ubicada a 19.50 m sobre el nivel de entrada del vertedero, esto es la cota 1,180 msnm. La toma de agua, integrada al túnel de aducción que tendrá como sección la forma arco-herradura de diámetro de 8 m y 7.6 m, 6.1 m de ancho y longitud de 14.4 kilómetros aproximadamente; el túnel está dividido en tramos con diferentes declividades que varían de 0.5% a 5%. A lo largo serán excavadas cuatro ventanas de acceso, un túnel de mantenimiento y un total de 8 frentes de excavación. Después de la quebrada Chimao estará ubicada una chimenea de equilibrio con 287 m de altura aproximadamente, con salida por un túnel (Chimenea).



Imagen 2.16. Túnel de Aducción – Trayectoria

El blindaje del túnel en la casa de máquinas tiene 265,00 m de longitud. Esta extensión pudo reducirse proyectando una galería de drenaje en el talud de salida del túnel. El blindaje tiene una declividad de 0.5% hasta la bifurcación para las turbinas.

La subestación está ubicada en una plataforma natural en la altitud 920 msnm aguas arriba de la casa de máquinas.

Además de la casa de máquinas principal será construida una pequeña central hidroeléctrica (PCH) al pie de la presa, en su margen izquierda, aprovechando el caudal ecológico. La aducción será por una toma de agua independiente al lado derecho de la plataforma de aproximación del vertedero a la cota 1190 msnm, se tienen 460 metros de túnel, sección baúl de 5 x 3.5 m y luego 250 metros de tubería de acero de 1.20 m de diámetro, empotrada en la ladera hasta la PCH. La PCH alojará una unidad generadora Francis de eje horizontal con una potencia de 6 MW.

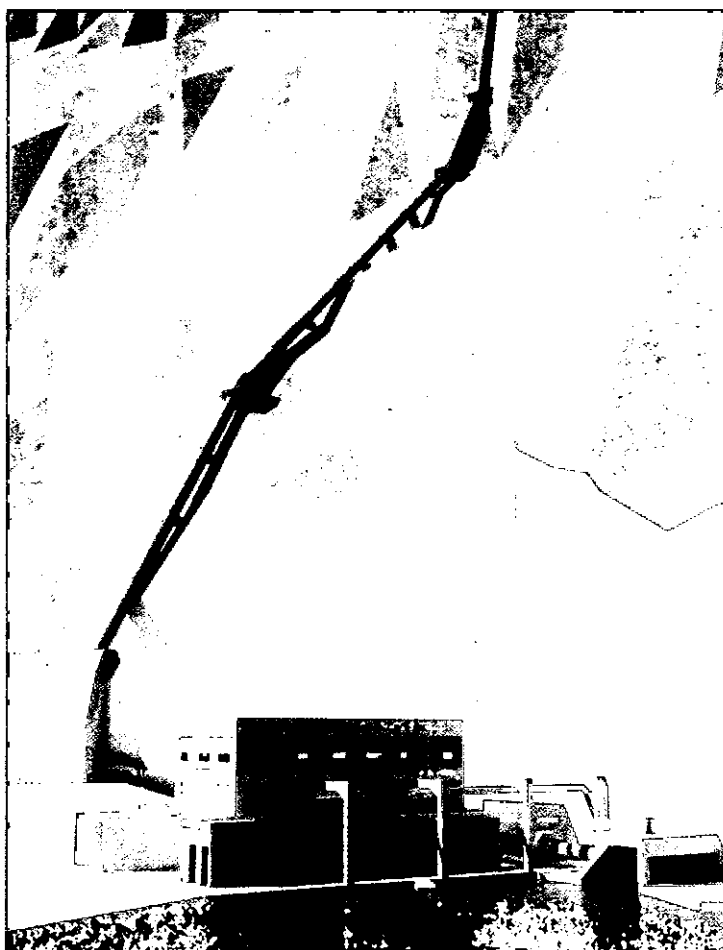


Imagen 2.17. Pequeña Central Hidroeléctrica – Animación de Proyecto Terminado

SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

La conexión del Proyecto Chaglla se hará por intermedio de la construcción de una Línea de Transmisión 220kV – circuito duplo con longitud de 127.5 km hasta la subestación de Paragsha en donde se conectará al SEIN – Sistema Interconectado Nacional del Perú.

PRESERVACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

El proyecto cuenta con un Estudio de Impacto Ambiental aprobado y su Concesión definitiva fue otorgada en diciembre/2009 a la Empresa de Generación Huallaga S.A. La central tiene un bajo impacto ambiental al estar ubicada en una zona de la cordillera que es cerrada y poco poblada, con un embalse de apenas 4,6 km².

Con respecto a la conservación de la flora y de la fauna se viene ejecutando el rescate de especies de flora (orquídeas) y fauna, se ha construido un orquidiario en el sector de Huanipampa (población que se encuentra cercana al área del proyecto). Así también se ha trabajado en el rescate de los sitios identificados como de interés arqueológico con el fin de preservar el patrimonio histórico.

Dentro del marco de Compensaciones por la Biodiversidad del Proyecto Chaglla, se vienen implementando convenios con el Parque Nacional de Tingo María y Universidad Agraria de La Selva – UNAS, en Tingo María. Como programa de fomento al incremento de la renta se ha priorizado el Programa de Apoyo a la Producción Local a través de compra de bienes, servicios y productos agrícolas en la zona de influencia del Proyecto; así como también capacitación a productores lácteos y piscigranjas.

El Programa de Gestión de Residuos Sólidos ha colectado 4,800 Ton de residuos reciclados y 430 Ton de residuos para compostaje también fueron implementados los Programas de Monitoreo Ambiental colectando muestras de agua, aire, suelos, sedimentos y ruidos de los cuales el 99.7 % de los resultados están por debajo de los límites máximos permitidos.

IMPACTO SOCIAL ECONÓMICO

La Central Hidroeléctrica de Chaglla con 368 m de caída bruta, generará 2.716 Gw-h/año con lo cual se prevé atender la demanda de crecimiento del Perú y contribuir a mejorar la Matriz Energética Nacional, permitiendo una mayor participación de energías renovables del país. Asimismo, la construcción de la obra ha generado 2.800 empleos directos más 5.400 indirectos y significa una inversión privada de USD 1,200 Millones de dólares.

Una de las acciones que el Proyecto Chaglla ha impulsado en el área de influencia del proyecto es la formación de personas para el desarrollo profesional a través del Programa "Creer Perú". Este programa se inició en junio del 2010 en Chaglla, cuyo módulo básico consistió en la capacitación en temas de Seguridad, Salud, Medio Ambiente, Psicología del trabajo, Calidad del trabajo. Posteriormente el módulo

técnico con capacitaciones en Hotelería, Manejo de Alimentos, Maquinaria Pesada, Manejo Defensivo, Obras Civiles (Fierrería, Carpintería y Albañilería).

Dicho programa ha capacitado a 1.286 personas de las cuales 505 personas (39,2%) se encuentran laborando en el proyecto sea con el contratista principal o con subcontratistas, de las cuales 300 personas pertenecen al Módulo Básico y 205 personas al Módulo Técnico.

De las 325 personas capacitadas en el Módulo Técnico, las 205 personas que laboran en la obra corresponden a Manejo Defensivo (19 personas), Hotelería (23 personas), Operadores de Maquinaria Pesada (30 personas) Obras Civiles (albañilería, carpintería, fierros)(133 personas).

A la fecha, la ejecución del proyecto ya viene generando importantes beneficios directa e indirectamente a las poblaciones del área de influencia generando nuevos puestos de trabajos, especialmente por la capacitación continua a través del Programa “Crear Perú”.

Otros beneficios generados por la construcción del proyecto en el área de influencia es el mejoramiento de 40km de vía existente en la margen derecha y los reforzamientos de sus puentes y pontones, construcción de puente peatonal en Santa Rita Sur, antena para telefonía celular, mejoramiento de calles y construcción de losas deportivas. Adicionalmente, en el sector de Monterrey se construyeron y entregaron nuevas viviendas a los pobladores afectados por la construcción de la nueva vía en la margen izquierda.

2.2 . PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

2.2.1 INTRODUCCIÓN

La productividad en la industria de la construcción ha estado en un descenso constante sobre las dos décadas pasadas, pero ello, no ha pasado por inadvertido en las compañías constructoras, que buscan aumentar la productividad de sus trabajadores.

En la industria de la construcción de Perú son pocos los estudios de Productividad que se han realizado. En el año 2000 se presentó la primera evaluación de la productividad en obras de edificación en Lima Metropolitana¹ en ella se determinó, que solo el 28% del tiempo era dedicado a actividades que agregan valor a la construcción, además de ello, que podríamos elevar estos niveles al orden de 45% con actividades sencillas y para alcanzar valores entre 55 % y 60% deberíamos conjugar las herramientas de gestión y el manejo de la constructabilidad² de los proyectos.

Actualmente, la Productividad es un punto de cuidado dentro del ámbito de construcción, pues se desarrolla en un mundo competitivo que exige Calidad, Producción, Costos adecuados, Tiempos Estándares, Eficiencia, Innovación, Nuevos métodos de trabajo, Tecnología, y muchos otros conceptos.

Investigaciones recientes encontraron que la construcción, tiene una de las oportunidades más altas para la mejora de la productividad con respecto a materiales, técnicas de construcción, regulaciones y equipos.

2.2.2 PRODUCTIVIDAD EN EL TIEMPO

2.2.2.1 PERSPECTIVA HISTORICA DE PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Las grandes construcciones de todos los siglos anteriores al presente fueron totalmente llevadas a cabo por mano de obra. Sin embargo, es bastante difícil obtener estadísticas acerca de la productividad de la mano de obra en proyectos de ingeniería llevados a cabo hace más de 100 años. Una de las razones para esto, es que muchos proyectos fueron llevados a cabo por mano de obra forzada y los resultados por día no eran algo que se monitoreaba muy cercanamente. Por ejemplo, sabemos por los historiadores que la Gran Pirámide de Egipto fue construida aproximadamente en el año 2500 a.c. por alrededor de 300,000 hombres, de acuerdo a Diodorus Siculus, ó 100,000 hombres de acuerdo a Herodotus, en aproximadamente veinte años.

[1] Productividad en Obras de Construcción. Diagnóstico, crítica y propuesta, Virgilio Ghio Castillo

[2] Constructabilidad significa hacer un uso óptimo del conocimiento y de la experiencia en planeamiento, ingeniería, procurement y operaciones en la obra para lograr los objetivos del proyecto.

El tamaño de la base de la pirámide es de 230 metros cuadrados y 147 metros de altura, y se estima que está construida con 2'300, 000 bloques de piedra caliza de entre 2.5 a 15 toneladas cada uno.

El gasto de mano de obra invertido en la construcción de la pirámide ha sido calculado (por Lecount³) como el equivalente a levantar 136 millones de metros cúbicos de piedra a un metro de altura. Esto sugiere una productividad "promedio" de entre 0.1 y 0.3 metros cúbicos de piedra elevada a un metro por día hombre – no una estadística muy útil, y una rodeada por varias incertidumbres sobre el contenido y la continuidad exacta del trabajo!

La Gran Muralla China es otro ejemplo de una obra de ingeniería masiva emprendida y llevada a cabo por métodos intensivos en mano de obra. Los 2,250 kilómetros de largo de la muralla fueron construidos alrededor del año 200 a.c. y se estima que ocupó a 500,000 trabajadores. La muralla tiene ocho metros de altura y seis metros de ancho y su volumen total es cerca de 100 millones de metros cúbicos. Si la construcción de la muralla tomó, digamos, 20 años, el promedio de productividad de la mano de obra sería alrededor de 0.2 metros cúbicos de piedras elevadas a un metro por día hombre. Esto es, de igual orden de productividad que la Gran Pirámide.

La construcción de los canales en Europa y América de finales del siglo XVIII en adelante fue el comienzo de una era de construcción de obras públicas a gran escala basadas en métodos intensivos en mano de obra. Inicialmente, el sistema característico de reclutamiento de la mano de obra era que la contrataban las empresas que se formaban para construir y operar las obras, pagando la mano de obra directamente. Su interés principal era no contratar mano de obra bajo condiciones que, hasta donde fuera posible, ligara a los trabajadores a su puesto de trabajo por el periodo requerido para las obras. Pagaban la mano de obra sobre la base de "días trabajados" y confiaban en los capataces para lograr una alta productividad mediante una supervisión diligente y la imposición de largas horas de trabajo.

Gradualmente hubo un cambio hacia el uso de contratistas, y en la era de la

[3] History of the Railway connecting London and Birmingham, Lecount, 1839.

construcción de los grandes ferrocarriles de mediados del siglo diecinueve, aparecieron muchos grandes y exitosos ingenieros civiles contratistas. Esto estuvo acompañado por un avance de parte de los contratistas hacia el uso de incentivos para motivar una alta productividad de parte de su fuerza de trabajo.

Estos incentivos variaban, pero el más extendido y exitoso fue el empleo del "trabajo por pieza", el pago siendo basado en resultados.

En 1864 se informó que en la construcción del Canal de Suez "la mayor parte de la excavación es mediante el trabajo por pieza, por lo que se están obteniendo excelentes resultados..."⁴. Esto contrastó con un difícil periodo anterior a 1864 cuando mano de obra forzada fue empleada en la parte inicial del trabajo de construcción.

El uso del trabajo por pieza trajo una mayor atención en los resultados diarios de la mano de obra, y se informó de algunas proezas extraordinarias. Durante la construcción del Canal de Blackstone en Norteamérica, la arena fue removida usando carretillas jaladas por bueyes: seis trabajadores cargaban 50 carretillas por hora⁵. Asumiendo que cada carretilla contenía por lo menos 0.25 metros cúbicos, esto equivale a una productividad de 2.1 metros cúbicos por hora por hombre, o 16.5 metros cúbicos por hombre por día de ocho horas.

En otra inusual proeza de la mano de obra, tres hombres irlandeses en el Canal Erie excavaron 228 metros cúbicos en cinco días y medio de trabajo. Esto equivale a 14 metros cúbicos por hombre por día. Se informó que éste fue tres veces el promedio normal, lo cual debe haber sido aproximadamente de 4 a 5 metros cúbicos por día hombre. En otra comparación, se esperaba que los esclavos que trabajaban en el Canal de Santee en la década de los 1790s, movían más o menos dos metros cúbicos por día.

Thomas Brassey fue uno de los más exitosos contratistas del ferrocarril Británico, del siglo diecinueve. En determinados periodos de su carrera, él y sus socios dieron empleo a 80,000 personas⁶.

[4] Sue: De Lessep's Canal, John Pudney, 1968 (p.109)

[5] Common Labour, Workers and the Digging of North American Canals 1780 - 1860, Peter Way, 1993 (p.137)

[6] Life and Labours of Mr. Brassey, Arthur Helps, 1872 (p.160)

Uno de sus agentes proporcionó información precisa sobre la cantidad promedio de trabajo realizado por los "navvies" Ingleses, nombre dado a los trabajadores contratados para las tareas de esfuerzo físico más duro en la construcción del ferrocarril. Él decía que un día de trabajo completo se componía de catorce sets⁷. Un "set" es un número de vagones, de hecho un tren. Había dos hombres por vagón. Por lo tanto, cada hombre excavaba y llenaba el equivalente a siete vagones por día. Cada vagón contenía un poco más de dos metros cúbicos. Por lo que cada hombre cargaba más de 14 metros cúbicos por día, y la altura de carga era cerca de 1.8 metros. Además, los "navvies" algunas veces intentaban dieciséis vagones, esto es 16.5 metros cúbicos por hombre por día.

Citando estimados de los principios del siglo XIX, McDermott dijo que "en días de verano un trabajador puede excavar en suelo común y favorable cinco cargas de carretas, o cerca de 5 yardas cúbicas (4.6 metros cúbicos) de tierra"⁸. En una comparación contemporánea entre hombres y máquinas para la construcción de ferrocarriles, el mismo autor estimó que se requerían 100 hombres para excavar 600 yardas cúbicas (550 metros cúbicos por día). Esto equivale a una productividad de 5.5 metros cúbicos por día hombre⁹.

Evidencias de Mackay, miembro del personal de Brassey, sobre salarios y costos promedio de mano de obra en la contratación de ferrocarriles desde 1843 hasta 1869, revelan que el promedio de productividad para mano de obra en movimiento de tierra en este periodo era entre 5.5 y 6.5 metros cúbicos por día hombre¹⁰.

Con la información disponible, es difícil conseguir tasas de productividad de mano de obra más exactas. Sin embargo, las cifras citadas con más frecuencia en las obras de ingeniería del siglo diecinueve son del orden de 5 a 6 metros cúbicos por día en obras de excavación.

[7] *Ibidem* (p.77)

[8] *Life and Work of Joseph Firkbank, Frederick Mc Dermott*, 1887 (p.25)

[9] *Ibidem* (p.89)

[10] *Work and wages*, Thomas Brassey, 1872 – citado en *The Railway Navvies*, Terry Coleman, 1968 (p.67)

Es importante recordar el escenario de estas productividades. Contratistas tales como Brassey, subcontractaban la mayor parte del trabajo manual a subcontratistas de exclusivamente mano de obra¹¹.

Los trabajadores o "navvies" se movían con las obras, viviendo en tiendas de campaña. Sus salarios eran altos en términos comparativos __ algo de 2 ó 3 veces más altos que los de los trabajadores agrícolas. Comían bien (y bebían bastante!). Por lo tanto, a pesar de que el trabajo era duro y el terreno generalmente húmedo y arcilloso como en toda Inglaterra, los hombres eran fuertes y bien habituados al trabajo. También, debido a que no estaban trabajando cerca de sus hogares, lo hacían durante largas jornadas, 10 a 12 horas diarias siendo lo típico.

Y Así a los albores del siglo XXI. Para la mayoría de los países en desarrollo, la tecnología basada en mano de obra para obras de infraestructura es todavía la opción más sensible y viable. En Europa, donde el salario promedio diario para mano de obra no calificada está alrededor de los US\$ 100.00 por día, el uso de métodos basados en equipamiento es claramente apropiado. En los países en desarrollo, por el contrario, con costos de mano de obra muy bajos y altos niveles de desempleo, la tecnología basada en mano de obra todavía conserva un importante título como la tecnología de primera elección. Sin embargo, aún con costos de mano de obra comparativamente bajos, la eficiencia en los métodos basados en mano de obra es fundamental para su uso continuado en los países en desarrollo.

2.2.2.2 PRODUCTIVIDAD EN LA ACTUALIDAD – LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction o Construcción Sin Pérdidas es una forma de gestión de la producción, que tiene por objetivo el aumento de la productividad teniendo un enfoque en satisfacer las necesidades de los clientes. Ha sido desarrollada como resultado de la aplicación de ideas del Lean Production¹² a la construcción.

[11] Life and Labours..." Obr.cit (p.45)

[12] Lean Production es una filosofía de la industria manufacturera, puede entenderse como una nueva forma de diseñar optimizando los sistemas de producción para alcanzar los requerimientos de los clientes. Fue desarrollada en la compañía japonesa Toyota, por el ingeniero Taichi Ohno a finales de la década de los cincuenta

Según el Lean Construction Institute¹³ (LCI); Lean Construction se extiende sobre los objetivos del Lean Production, que son maximizar el valor y minimizar las pérdidas, definiendo técnicas específicas que son aplicadas en un nuevo proceso de entrega de proyectos. Dentro de estas técnicas podemos mencionar:

- El producto y el proceso de producción son diseñados de manera conjunta para definir y alcanzar de una mejor manera los objetivos del cliente.
- El trabajo es estructurado a través del proceso de diseño del proyecto para maximizar el valor y reducir las pérdidas.
- Los esfuerzos para manejar y mejorar los rendimientos específicos son dirigidos a la mejora del rendimiento total del proyecto, debido a que este último logra ser más importante que la reducción del costo o el aumento de la velocidad en alguna actividad específica.
- El concepto de control es redefinido de monitoreo de resultados a hacer que las cosas pasen. El rendimiento de los sistemas de planeamiento y control son medidos y mejorados.

Desde el comienzo del trabajo en la teoría y métodos del Lean Construction, dos han sido las principales contribuciones que han gobernado su desarrollo. La primera propuesta de Lauri Koskela¹⁴ del entendimiento de la construcción como una producción basada en el concepto de Transformación – Flujo - Valor (TFV) y la otra es el método de control de la producción del último planificador (Last Planner) de Glenn Ballard¹⁵ y Gregory Howell¹⁶.

[13] El Lean Construction Institute es una corporación sin fines de lucro, fue fundado en Agosto de 1997 están dedicados a realizar investigaciones para desarrollar conocimiento acerca de proyectos basados en la gestión de la producción y en el diseño, ingeniería y construcción.

[14] Lauri Koskela profesor Finandés, quien estableció los principios de producción en construcción, tomando como referencia la teoría Lean Production, basada en el modelo de producción japonés.

[15] Glenn Ballard (USA), Profesor de la Universidad de California, Berkeley, Director de Investigaciones del Lean Construction Institute, y Director en Strategic Project Solutions, Inc. Creador del sistema Last Planner para el control de producción.

[16] Gregory Howell (USA), Co-fundador y Director Gerente del Lean Construction Institute, USA .Socio del Lean Project Consulting, Ketchum Idaho, USA.

Filosofía de Producción: Transformación-Flujo-Valor

Tres conceptos de producción: transformación, flujo y valor, han sido considerados y utilizados en la práctica de la gestión en la construcción del siglo XX.

Transformación.-

Este primer concepto considera la producción como una transformación, que se puede esquematizar de forma simple mediante la entrada de insumos (input) a una estación y la salida de productos (output) tras la finalización del proceso. La gestión de la producción, descompone la transformación total en transformaciones elementales que son realizadas de la forma más eficiente posible. Este modelo ha sido el más usado para analizar la producción en la construcción.

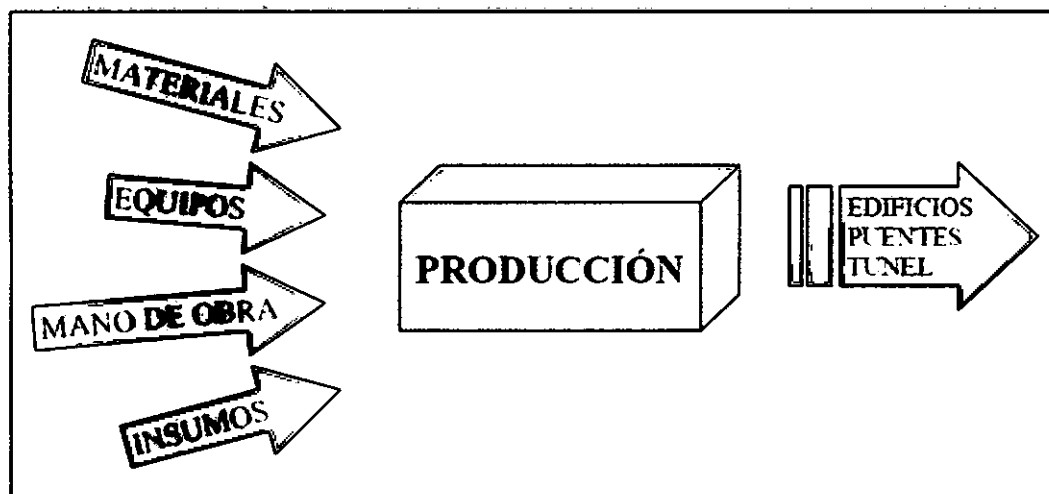


Imagen 2.18. Concepto de la producción como una transformación

Flujo:

El segundo concepto es el modelo de flujos en el cual la producción es concebida como un flujo de procesos materiales e información, donde adicionalmente a la transformación también se considera la existencia de esperas, inspecciones, transportes y trabajo rehecho.

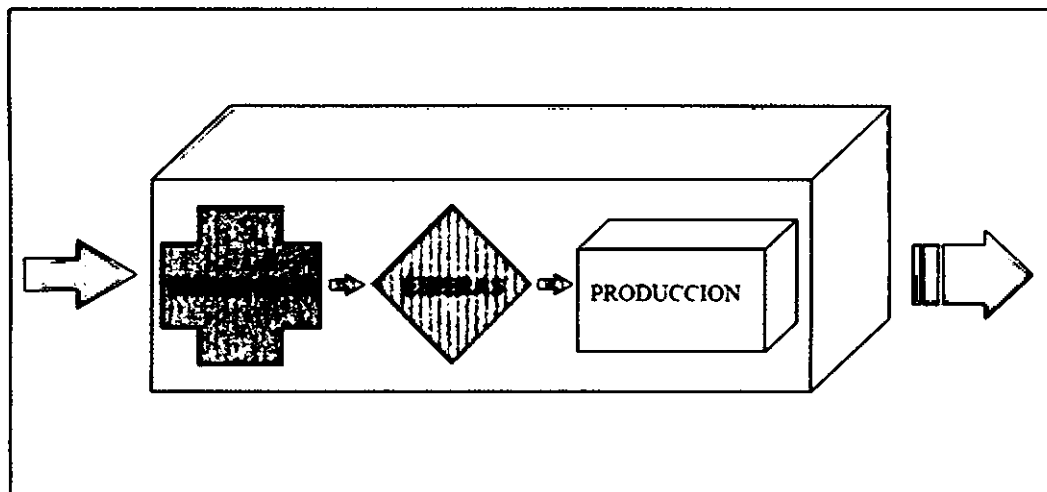


Imagen 2.19. Concepto de la producción como Flujo

Valor:

El tercer concepto considera la producción como un proceso para lograr las necesidades del cliente. Estas necesidades se trasladan a un diseño y son alcanzadas a través de la elaboración del producto.

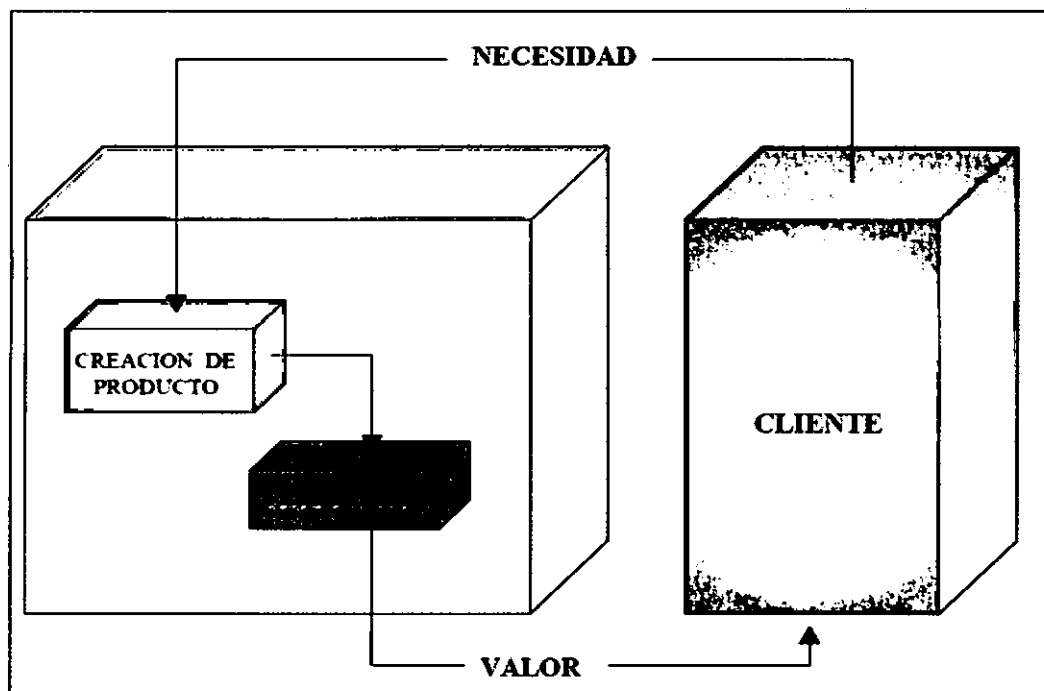


Imagen 2.20. Concepto de la producción como un proceso para generar valor

La nueva filosofía de producción Transformación-Flujo-Valor, desarrollada por Ph.D. Lauri Koskela en 1992, integra los tres conceptos de producción antes descritos dentro de las siguientes características:

- Reducción de las actividades que no agregan valor
- Incremento del valor de la producción, a través de una consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducción de la variabilidad.
- Reducción de tiempos en los ciclos
- Simplificación mediante la reducción de pasos, partes y relaciones.
- Incremento de la flexibilidad del producto terminado.
- Incremento de la transparencia de los procesos.
- Enfoque en el control de procesos complejos.
- Introducción de nuevos procesos para la mejora continua.
- Balance entre la optimización de los flujos y la optimización de las conversiones.
- Comparaciones periódicas dentro y fuera de la empresa (benchmarking).

2.2.3 PRODUCTIVIDAD: DEFINICIÓN Y OTROS ASPECTOS

De acuerdo con la revista Bit (2001), en su artículo *Índice de Productividad en la Construcción: Mito o Realidad*, por productividad debemos entender la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla.

Estos recursos productivos, incluyen el factor humano, mecánico (equipos y herramientas), y los materiales o insumos, que interactúan en un proceso afectado por las condiciones climáticas y/o ambientales.

Por lo tanto, Productividad se define como la relación entre Producción Final y factores productivos utilizados en la producción de bienes y servicios. De un modo general, la productividad se refiere a lo que el trabajo genera, la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de

la producción en función del factor trabajo. Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos capital, trabajo y materiales¹⁷.

Adicionalmente Niebel (2001)¹⁸ escribe que el mejoramiento de la productividad se refiere al incremento de la producción por hora-trabajo o por tiempo gastado. Como base fundamental para el mejoramiento de la Productividad se encuentran los recursos humanos, ya que estos son el capital más importante de toda la empresa. *“Algunos mencionan el capital como el recurso para el desarrollo industrial y otros mencionan la tecnología como el factor que incrementa la misma. Si bien estos recursos son importantes, el capital puede ser desperdiciado por las personas y la tecnología no sirve de nada sin personas que se comprometan y aprendan a utilizarla bien”* (Miyai, Centro de Productividad de Japón)

Entre otras definiciones de productividad tenemos:

- ✚ La productividad es, sobre todo, una actitud. Ella busca mejorar continuamente todo lo que existe. Está basada en la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer y mejor mañana que hoy. Además, ella requiere esfuerzos sin fin para adaptar actividades económicas a condiciones cambiantes aplicando nuevas teorías y métodos.
- ✚ Productividad, es la relación entre lo producido y lo gastado en ello. También puede definirse en forma más explícita como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un lazo establecido y con un estándar de calidad dado. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad en la ejecución de una tarea.

La productividad está asociada a un proceso de transformación. A este proceso ingresan recursos necesarios para producir un material, un bien o dar un servicio, y posteriormente, a través del proceso, se obtiene un producto o un servicio terminado.

[17] Eric Allmon et al., “U.S. Construction Labor Productivity Trends, 1970 – 1988” Journal of Construction Engineering and Management (Va), 126: 2000, núm. 2, pp. 97 – 104.

[18] B. Niebel, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y diseño de trabajo, Alfaomega, México, 2001.

En la construcción, los principales recursos empleados en los proyectos son:

- Los materiales
- La mano de obra
- La maquinaria y equipos

Considerando los diferentes tipos de recursos, es posible hablar de las siguientes productividades:

- Productividad de los materiales: en la construcción es importante una buena utilización de los materiales, evitando todo tipo de pérdidas.
- Productividad de la mano de obra: es un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos.
- Productividad de la maquinaria: este factor es importante por el alto costo de los equipos, siendo por lo tanto, muy relevante evitar pérdidas en la utilización de este tipo de recurso.

La productividad está directamente conectada a mejor o peor utilización de los recursos productivos disponibles en una empresa, entre ellos: espacio físico, herramientas, mano de obra, insumos, técnicas de gerenciamiento, medios de transporte internos y externos, informatización, horarios de trabajo, etc.

En la mejoría de la Productividad se debe partir de un valor base para poder comparar resultados. La productividad total de los recursos puede ser medida en términos financieros, donde es calculado el resultado de la producción por unidad monetaria gastada en los diversos recursos.

Hay muchas maneras para incrementar la productividad, por ejemplo: mejor combinación de mano de obra y equipo, uso más eficiente del equipo y de las herramientas, utilización de mejores materiales, mejoramiento de las técnicas de Management, control de un ambiente hostil, mejoramiento de los esfuerzos laborales, mejoramiento a través del entrenamiento de la mano de obra, reducción y simplificación de las reglamentaciones y la gestión y las operaciones de un proyecto.

Diversos factores pueden influenciar en la Productividad, como la disponibilidad de recursos, la tecnología, el ambiente de trabajo, las relaciones empleado/empleador, el costo de los insumos, los métodos, los equipos, etc. La adecuación de los métodos de producción, la reducción de ineficiencias de los equipos, el uso de técnicas más avanzadas como: estudios de tiempos y movimientos, layout y manejo de materiales, son aspectos de gran relevancia y contribuyen para la reducción de pérdidas y consecuentemente, para la mejora de la Productividad.

Para lograr una mejor Productividad es importante:

- ✓ Estructura organizacional de la empresa. Desarrollar un ambiente de trabajo armónico, sea en su aspecto físico o en el relacionamiento con los colegas (ambiente limpio, seguro, ventilado, en una relación de amistad y confianza)
- ✓ Capacitación y entrenamiento de mano de obra. Invertir en la formación básica y en la calificación profesional de los funcionarios (cursos, alfabetización, habilidades y actualizaciones tecnológicas)
- ✓ Valorizar al profesional, alejándolo del miedo, de la inseguridad, ayudándole en el conocimiento de asuntos de interés de su trabajo (charlas, encuentros de trabajo en grupo, ferias)
- ✓ Metodología de trabajo utilizada y prácticas gerenciales de control. Establecer metas y controlar resultados que estén asociados a las mejoras de las operaciones (control de documentos, absentismo, retrasos en la producción y entrega, desperdicios, reducción de ociosidad, paradas de equipos, etc)
- ✓ Layout de la obra, procesos de producción y utilización de insumos.

Motivación es el proceso responsable por la intensidad, dirección y persistencia de los esfuerzos de una persona para el alcance de una determinada meta.

El aumento de la productividad es consecuencia de la utilización optimizada e integrada de los diversos factores que contribuyen en la formación, manejo y comercialización del producto.

2.2.3.1 GESTIÓN DE PRODUCTIVIDAD EN EMPRESAS DE CONSTRUCCIÓN

Actualmente sin productividad o sin eficiencia¹⁹ del proceso productivo, difícilmente una empresa de construcción va a ser exitosa o va a poder sobrevivir en el mercado. Dada la alta competencia, la gestión de la productividad está tornándose uno de los requisitos esenciales en la formulación de las estrategias de competitividad de las empresas.

La Gestión de la Productividad incorpora básicamente tres procedimientos básicos:

- La medición de la Productividad
- La identificación y el análisis de los factores determinantes del "cuello de botella" que afecta a la productividad
- La definición y aplicación de propuestas de solución de estos problemas.

En este caso, la medición de la productividad – la capacidad de la empresa de generar un producto – es hecha principalmente por indicadores de naturaleza física y operacional, por ejemplo, X unidades de productos y servicios por unidad de tiempo, producción física por número de horas trabajadas, entre otros.

De forma coherente con este concepto y su forma de medición, la identificación y el análisis de los factores determinantes de los problemas de productividad – el segundo procedimiento para la gestión de la productividad – tienden a restringirse al "mundo" de la producción, con conclusiones de los siguientes tipos: problemas de set-up, de eficiencia/ ineficiencia de la línea de producción, de desfasaje tecnológico de los equipos, de desempeño de la fuerza del trabajo, etc.

En este contexto, la medición de la productividad o de la eficiencia del proceso productivo – el primer procedimiento para la gestión de la productividad – se determina por la relación entre el valor agregado (output) y los recursos que la empresa utiliza (inputs) en este proceso.

[19] La eficiencia se refiere a la relación entre los resultados obtenidos y los recursos empleados. Esta representa una medida según la cual los recursos son convertidos en resultados de forma más económica.

Actualmente, la calidad es el grande diferencial para la sobrevivencia de un negocio: por estar relacionada directamente con la productividad, juntas posibilitan reducciones de costos e incrementos de márgenes, ayudando a ser más competente.

GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD COMO SOPORTE A LA INNOVACIÓN

La Gestión de la Productividad se refiere a actividades que apoyan a la innovación y la reforma de la organización. Reconoce que organizaciones a menudo tienen inercia que deben sobreponerse para crear organizaciones más eficientes, sensibles y elásticas.

La Gestión de la Productividad requiere anticipar y dirigir los potenciales obstáculos a la innovación, y al apoyo de la construcción mostrando a los individuos que los nuevos enfoques los pueden hacer mejor. Requiere manejar riesgo, desde que el cambio implica incertidumbre. Requiere inclusive a grupos de interés en la toma de decisiones, y respondiendo a sus concernientes, desde que el cambio afecta generalmente a muchas personas de diferentes niveles. Contribuye a corregir estímulos institucionales distorsionados que se oponen a la innovación. Todos estos cambios reflejan buena gestión, y son especialmente importantes al ser aplicado el cambio fundamental.

La carga requiere persistencia y redundancia. Es importante tratar a oponentes actuales como futuros partidarios posibles. La mayoría de las personas necesitan escuchar una nueva idea varias veces antes que ellos la consideren. Ellos primero lo percibirán como idea de alguien, pero la segunda o tercera vez, ellos pueden comenzar a tomarlo como propio y pensar en ello como su idea.

A veces, cuando un problema parece especialmente difícil es mejor volver a considerar cómo el problema es definido, que opciones son evaluadas, y los tipos de soluciones consideradas. Esto es llamado un "cambio de paradigma," Los clichés comunes de la gestión como "Trabaje con inteligencia, no con dureza" y "Pensar originalmente" son tendencias que consideran nuevos enfoques a la resolución de problemas, es decir, un cambio de paradigma.

Aunque estas estrategias sean siempre deseables por muchas razones, sus beneficios tienden a ser dispersados a largo plazo y a menudo son subvalorados.

La implementación de un Programa de Productividad a menudo requiere un "agente de cambio", eso es, alguien con visión para proporcionar liderazgo, que pueda articular los beneficios de cambio y que tenga los recursos para vencer las barreras que surjan inevitablemente. Esto no es para el tímido ni para el desalentado: las reformas inicialmente encaran la crítica exagerada y fallan o sólo son aplicados parcialmente. Sin embargo, con el tiempo, las reformas que valen la pena perpetuaran y llegaran a ser normales. Una vez que estén establecidas, las personas que se opusieron originalmente a las innovaciones empezarán a tomarlas como propias.

2.2.3.2 SER UN AGENTE DE CAMBIO

La gestión del cambio implica que las prácticas actuales se modifiquen, así que los agentes de cambio son las personas que dentro de una organización proporcionan liderazgo para el cambio y anticipan objeciones. Los Agentes de cambio deben:

- Definir los problemas cuidadosamente.
- Expandir la gama de soluciones que son consideradas en la toma de decisiones.
- Cuestionar suposiciones utilizados para la evaluación.
- Observar y poner atención al contexto e impactos indirectos.
- Utilizar técnicas completas de evaluación que consideren todos los beneficios y costos.
- Hacer el cambio más atractivo que las prácticas actuales.
- Utilizar declaraciones positivas. Acentúe los beneficios de cambio.
- No tenga miedo para decir "que no" a ideas malas, pero trate de ofrecer una alternativa que mejore equilibrios objetivos generales.
- Escuchar y educar a los grupos de interés. Desarrolle comunicación con grupos de interés para comprender claramente la base de sus colaboradores y cómo ellos pueden ser dirigidos.
- No rendirse, la mayoría de los cambios requieren varios esfuerzos antes del éxito.
- Esté preparado para obstáculos y adversidades.

La innovación encara resistencia y crítica de personas que le temen cambio. Pero si las nuevas ideas tienen una buena base y los partidarios son persistentes, ellos tendrán éxito. La gente asume que lo que es considerado normal debe ser bueno.

El cambio tiende a ser difícil porque requiere "el esfuerzo psíquico," es decir, hace pensar a las personas de situaciones que ellos de otro modo pueden dar por sentado. El esfuerzo psíquico puede ser reducido haciendo cambios convenientes, deseables o considerados normales.

Asimismo, nuevos programas de gestión de productividad parecen difíciles e ineficaces cuando son primero introducidos, en parte porque las personas no están familiarizadas con ellos, y en parte porque los detalles importantes todavía pueden necesitar ser ajustados para mejorar el desempeño

2.2.3.3 PRODUCTIVIDAD Y PRODUCCIÓN

En general el trabajo se expande en función del tiempo disponible para su terminación. Por absurdo que pueda parecer, cuanto menos trabajamos, más producimos. La productividad máxima se logra con un turno de 8 horas diarias, cinco días a la semana. Las estadísticas han confirmado que los trabajadores de un proyecto de construcción son, en promedio, improductivos en el 50% del tiempo usado en obra.

La buena utilización del horario disponible de trabajo es fundamental para alcanzar aumentos de productividad. Se deben evitar las paradas que rompen el ritmo de producción así como las paradas no necesarias.

Cuando un proyecto está atrasado, una posible decisión de la gerencia sería el uso de horas extras²⁰. Cuando se trabaja horas extras, los trabajadores empiezan a cansarse causando una disminución de la productividad y una tasa más alta de errores.

Investigaciones indican que 40 horas es el período de trabajo óptimo y trabajo adicional después de este límite reduce el rendimiento.

[20] Las horas extras se refieren al trabajo después de las 40 horas semanales.

Las investigaciones han mostrado que después de nueve semanas de horas extras continuas, el rendimiento logrado en una semana de 50 horas es menor de aquel que se habría podido lograr en una semana de 40 horas.

El propósito de estas investigaciones fueron para determinar las relaciones entre el trabajo de sobre tiempo y productividad para varios tipos de personal de la construcción. En este estudio fue determinado que la productividad media general aumentó cuándo el personal trabajó sobre el tiempo límite.

Hay diferentes razones para la disminución del rendimiento. Los trabajadores tienden a acomodarse al día más largo, disminuyendo el ritmo de trabajo (Ley de Parkinson).

Pérdida de productividad debido a horas extras						
			Factor de Ineficiencia			
Días / semana	Horas diarias	Horas por semana	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
5	9	45	1.03	1.05	1.07	1.10
5	10	50	1.06	1.08	1.12	1.14
5	11	55	1.10	1.14	1.16	1.20
6	9	54	1.05	1.07	1.10	1.12
6	10	60	1.08	1.12	1.16	1.21
6	12	72	1.13	1.20	1.26	1.32
7	8	56	1.10	1.15	1.20	1.25
7	9	63	1.12	1.19	1.24	1.31
7	10	70	1.15	1.23	1.30	1.38
7	12	84	1.21	1.32	1.42	1.53

Imagen 2.21. Pérdida de Productividad debido a Horas Extras

El Overstaffing (Exceso de trabajadores) ocurre cuando se tiene más trabajadores de los que se necesitan para trabajar de manera productiva y que vienen asignados a una tarea. El Overstaffing se verifica cuando una cuadrilla está sobredimensionada o cuando hay un despliegue de múltiples cuadrillas. En ambos casos hay una pérdida de productividad.

Efecto del Overstaffing

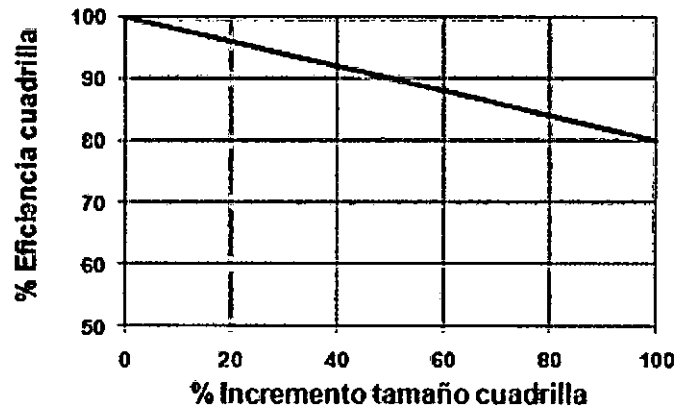


Imagen 2.22. Efecto del Overstaffing

La Congestión se verifica cuando el contratista intenta completar más actividades en el mismo período de tiempo o una cantidad determinada de trabajo en períodos más cortos de tiempo. La congestión ocurre cuando el área de trabajo por trabajador es menor del mínimo requerido para trabajar de manera eficiente.

Stop and Go, este problema ocurre cuando un componente esencial de la actividad no está disponible en el momento requerido. El componente puede ser un plano, una decisión acerca de un cambio, un material o un equipo. La actividad viene detenida temporalmente y la cuadrilla es asignada a otra actividad. Romper el ritmo, esperar para tomar una decisión acerca del próximo paso, recuperar las herramientas, trasladarse al nuevo lugar, obtener materiales y equipo para la actividad siguiente es trabajo improductivo.

El absentismo y la rotación del personal son responsables de la pérdida de muchas horas de trabajo. Las razones para el absentismo en construcción, listadas por orden de importancia son: enfermedad personal o familiar, demasiados formularios a llenar en el trabajo, supervisión deficiente, distancia de viaje excesiva, cantidad excesiva de trabajo por rehacer y condiciones de trabajo no seguras.

Estos puntos producen los siguientes efectos negativos en la productividad del trabajo: las cuadrillas gastan tiempo esperando por el reemplazo y los supervisores gastan tiempo en reasignar el trabajo y localizar reemplazos.

FACTORES HUMANOS QUE AFECTAN A LA PRODUCTIVIDAD

Factores individuales, como atributos personales, limitaciones físicas, curvas de aprendizaje, trabajo de grupo y motivación.

Factores ambientales, como condiciones climáticas, lugar de trabajo y ruido.

Individuos con una actitud optimista y positiva tienden a tener más iniciativa e imaginación para solucionar los problemas. Una persona considerada amistosa con sentido del humor puede ayudar a incrementar la productividad, el humor en el ambiente de trabajo pone a las otras personas de buen espíritu, quita el estrés y fomenta el trabajo en grupo.

Una persona en buena condición física también es más productiva.

Una persona creativa puede contribuir a incrementar la producción. Muchas veces es el trabajador que aporta una solución original para resolver un problema. Los trabajadores que demuestran capacidad de liderazgo deben ser incentivados a desarrollar sus potenciales porque las cuadrillas necesitan líderes capaces para ser exitosas y productivas.

Finalmente, la experiencia juega un papel importante en la productividad de un trabajador.

Limitaciones físicas, de una cierta forma, los seres humanos son como las máquinas en el sentido que necesitan combustible para operar y producir energía. Muchas actividades de la construcción requieren un esfuerzo físico considerable. El tipo de trabajo ejecutado determina con cual frecuencia un individuo necesita descansar para recuperar energía para seguir trabajando.

La curva de aprendizaje, la primera vez que un individuo ejecuta una tarea, trabajará de manera lenta porque está aprendiendo como hacerla. Repitiendo varias veces la operación, el tiempo requerido para la operación disminuirá. El individuo adquirirá la habilidad necesaria que le permitirá reducir el tiempo de ejecución

Curva de aprendizaje

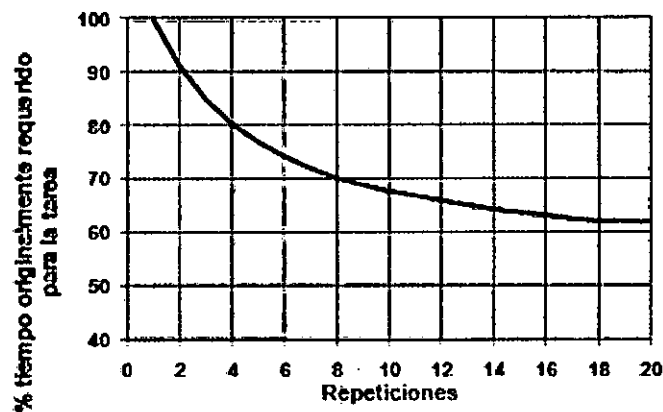


Imagen 2.23. Curva de Aprendizaje

Trabajo de grupo, usualmente, la construcción requiere que un grupo de trabajadores actúen como un Team, con objetivos específicos. El trabajo de grupo puede ser mantenido y mejorado a través de una comunicación eficiente en ambas direcciones. En este espíritu, los trabajadores deberían ser interpelados para sugerencias y soluciones. Esta práctica, además de hacer que los trabajadores se sientan considerados, ayuda a encontrar soluciones a los problemas. Además, este tipo de técnica produce una sana competencia entre las varias cuadrillas de trabajadores. Las personas disfrutan de su contribución a la solución de los problemas.

FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN A LA PRODUCTIVIDAD

Condiciones climáticas, los seres humanos producen con eficacia en su trabajo cuando la temperatura está entre 10 y 21° C en una humedad relativa entre 30 y 80%, en una atmósfera sin polvo y sin ruido excesivo. Desviaciones de estos valores producen efectos negativos en la productividad, seguridad y salud.

La aclimatación en condiciones calurosas debe venir lentamente para no tener efectos negativos. A altas temperaturas se pueden desarrollar varias enfermedades. Para prevenirlas, hay que aclimatarse en largos periodos, vestir ropa apropiada y tomar cantidades adecuadas de agua y sal. Similarmente, los efectos del clima frío pueden ser mitigados usando ropa apropiada, teniendo refugios temporales acerca del lugar de trabajo y calentadores.

El lugar de trabajo debe ser un ambiente seguro, higiénico y confortable. Debe ser organizado de manera eficiente y apropiada según la naturaleza del trabajo ejecutado. Este debe ser mantenido siempre limpio porque mejora la productividad y elimina problemas potenciales de seguridad. El lugar de trabajo debe ser iluminado y ventilado adecuadamente.

2.2.3.4 RAZONES DE UNA BAJA PRODUCTIVIDAD

Todos los contratistas están de acuerdo que para ser competitivos, se necesita producir más por cada dólar gastado en la construcción. Aunque todos estén de acuerdo con esta afirmación, muy pocos toman las acciones para implementarla.

La siguiente grafica muestra que en un turno de trabajo de 8 horas diarias, un obrero es productivo sólo por 4 horas. Sin embargo, un 50% de tiempo improductivo es un porcentaje demasiado alto, que dificilmente permite lograr eficiencia y rentabilidad en las actividades. Un análisis del equipo utilizado en la obra muestra que los tiempos no productivos son aún mayores de aquellos mostrados por la mano de obra. Los estudios de productividad han revelado que la empresa puede contar con menos de 900 horas productivas de utilización del equipo por año.

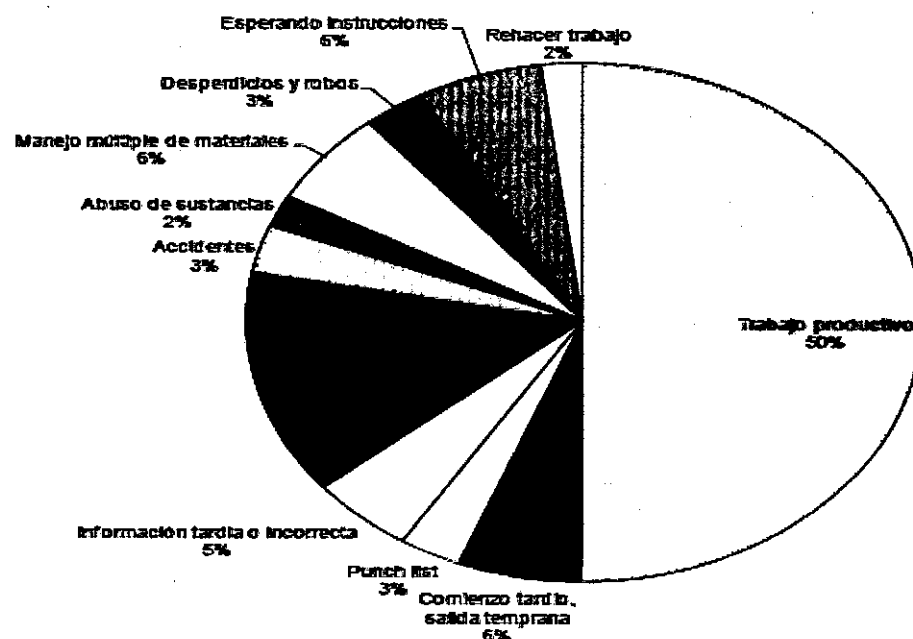


Imagen 2.23. Curva de Aprendizaje

De este análisis es evidente que el manejo de la productividad de la mano de obra y del equipo debe ser una de las tareas primarias de un contratista. Sin embargo, aunque estas cifras parezcan dramáticas, hay un aspecto positivo que debemos aprovechar. Es decir, este desperdicio debe ser considerado como una oportunidad para mejorar, a través de una gerencia apropiada del proyecto, el contratista podría eliminar o disminuir estas ineficiencias.

2.2.3.5 INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD

Los factores que afectan la productividad de un proyecto de construcción son varios. Incrementar la productividad no es tarea fácil. Si el proceso de construcción está afectado por un 50% de tiempo improductivo, podemos argumentar que existe también la oportunidad de incrementar la productividad de un 50%.

Pensar en eliminar todos los tiempos improductivos es una utopía, sin embargo, un pequeño aumento de un 5% puede tener un impacto significativo en la rentabilidad de la empresa. La figura central para lograr este incremento es el supervisor de construcción. Por “supervisor”, se comprende al Gerente del proyecto; un tercio del tiempo improductivo se debe a la falta del Management en la ejecución del proyecto, un supervisor puede dar una gran contribución al proceso de construcción.

El primer punto es hacer que el proyecto parezca a los ojos de los trabajadores, como un empleo en una compañía y no como un “trabajo temporal”. Esto quiere decir que la compañía y el supervisor dependen de la actitud del trabajador. Si el trabajador se ve a sí mismo como trabajando para la compañía será más productivo de uno que piensa que está trabajando para un trabajo temporal.

Para poder desarrollar una actitud positiva y dirigir el trabajador hacia la compañía, el supervisor debería considerar las necesidades típicas de cada trabajador: orgullo en su propio trabajo, que incluye reconocimiento y proporciona al trabajador un sentido de realización; sistema de medición del desempeño, que suministra al trabajador una base para medir su propio desempeño, y un canal de comunicación eficiente, que asegure que se puede dar la información correcta a la persona indicada en el momento oportuno y de la manera menos costosa.

Una comunicación efectiva requiere la disponibilidad de escuchar la otra parte.

El supervisor necesita volverse una analista, es decir alguien que pueda desafiar el proceso de trabajo para hacerlo más productivo.

Enfrentar un trabajo sin una planificación y programación adecuada significa destinar el proyecto al fracaso. La productividad de la obra puede ser incrementada si el supervisor planifica el trabajo del día siguiente con anterioridad. Un *Master Schedule* o cronograma maestro debería ser preparado para demostrar la factibilidad de la finalización del proyecto en términos de fechas. Es decir, determinar si el proyecto puede ser completado en un plazo específico.

Desarrollar y presentar las estrategias de construcción, evidenciar las actividades que requieren de un "*lead time*" (Tiempo de entrega) considerable tiempo para adquirir información y recursos. Identificar los *Milestones* (hitos) que son importantes para el Cliente o los *Stakeholders*.

Planificación de la organización de la obra como por ejemplo donde colocar las oficinas, donde almacenar los materiales y donde ubicar los equipos son decisiones fundamentales para mejorar la productividad global del proyecto. Una locación inapropiada de oficinas, materiales y equipos puede tener un fuerte impacto en lo que concierne a la productividad, la seguridad, la comunicación y la satisfacción de los trabajadores.

Control del proyecto, se necesita implementar un sistema de control que pueda proporcionar el desempeño de las actividades en tiempos rápidos sin esperar el término de las mismas.

Reducir el manejo múltiple de los materiales, pues ello, incrementa la posibilidad de accidentes y desperdicio. El objetivo debería ser mover el material una sola vez, el supervisor debería ser cuidadoso con la organización de la obra, el tiempo de adquisición y la colocación del material en la obra. La selección de lugares estratégicos reducirá el desperdicio e incrementará la productividad.

Mejoramiento a través de la seguridad, generalmente, un trabajo productivo es un trabajo seguro. Un programa de seguridad efectivo contribuye al logro de una mayor productividad evitando accidentes que consecuentemente causan tiempos improductivos.

Productividad y calidad. Calidad quiere decir mayor productividad. Una calidad pobre afecta negativamente al programa de productividad.

FACTORES HUMANOS Y PRODUCTIVIDAD

Todos los individuos tienen ciertas características comunes que causan reacciones similares. Por tanto, una comprensión de estas características es fundamental para incrementar la productividad del trabajo.

Los trabajadores son motivados cumpliendo trabajos de calidad, creando o construyendo algo importante y por las relaciones sociales en el trabajo. Un trabajo productivo se debe a una buena planificación y a comunicaciones eficientes.

La satisfacción y motivación del trabajador pueden ser incrementadas reduciendo los factores desmotivadores: no disponibilidad de material, equipo o herramientas adecuadas; relaciones de baja calidad entre los trabajadores y la gerencia; proyectos no organizados; diseño o ingeniería incompletos; supervisión no adecuada; rehacer el trabajo; ninguna participación en la toma de decisiones; procedimientos dificultosos.

La Motivación tiene dos componentes: la actitud que posee el individuo cuando llega al lugar de trabajo y la motivación que resulta de varios factores del trabajo controlados por el *Management*.

Las prácticas de gestión que afectan la motivación pueden ser: un buen planeamiento del trabajo, un trabajador debe saber exactamente cuáles son las tareas que debe ejecutar, por tanto se requiere una explicación clara de las tareas y de las expectativas requeridas; una comunicación eficiente, la cadena de comunicación debe ser visible; un buen ambiente de trabajo, contando con las condiciones básicas de comodidad personal.

PRODUCTIVIDAD Y MANAGEMENT

Los factores que afectan la productividad pueden ser divididos en dos categorías: aquellos relacionados con los factores humanos y aquellos relacionados con el Management. Los factores más significativos del Management que influyen la productividad en manera directa son: la calidad de la supervisión, la gestión de los materiales, la “constructability” y la gestión de los cambios.

GESTIÓN DE LOS MATERIALES

Materiales y equipos pueden representar más del 50% de los costos del proyecto. Una correcta gestión de los materiales puede incrementar la productividad.

Tradicionalmente, la productividad de la mano de obra ha recibido siempre mayor atención, mientras la productividad a través de la gestión de los materiales ha sido bastante descuidada.

Las compañías han comprendido la necesidad de mejorar la gestión de los materiales y en particular en los grandes proyectos, que pueden emplear miles de componentes. Los materiales deberían estar listos cuando se necesitan y donde se necesitan.

La gestión de los materiales necesita de un sistema de Management para planear y controlar todos los esfuerzos necesarios para asegurar la calidad, la cantidad y la entrega de los materiales en el tiempo requerido.

Los problemas más frecuentes pueden ocurrir en forma de errores de cantidad y calidad. La escasez de materiales interrumpe el flujo de trabajo y requiere de un planeamiento adicional de las actividades.

El control de materiales a nivel de obra es necesario para preparar un plan de almacenamiento y distribución de los materiales. Hay varias técnicas disponibles. La técnica “*Just in time*” requiere de un planeamiento cuidadoso. Con este método, los materiales son aprovisionados poco tiempo antes de ser necesitados.

CONSTRUCTABILITY (CONSTRUCTABILIDAD)

“*Constructability*” (Constructabilidad) significa hacer un uso óptimo del conocimiento y de la experiencia en planeamiento, ingeniería, procura y operaciones en la obra para lograr los objetivos del proyecto.

Constructability es la integración eficiente de recursos y tecnología en las varias fases del proyecto. La Constructabilidad está orientada hacia:

- La reducción del tiempo total de construcción, intentando crear las condiciones que maximizan la potencialidad debida a trabajos concurrentes (más que en secuencias) y minimizar el desperdicio.
- La reducción de las horas de trabajo creando las condiciones para una mejor productividad o creando un diseño que requiere de menor cantidad de trabajo.
- La reducción de los costos de construcción promoviendo el uso más eficiente de equipos y minimizando el uso de equipo especializado.
- La reducción de los costos de los materiales a través de un diseño más eficiente.
- La creación de condiciones de trabajo más seguras. Seguridad y eficiencia en el trabajo son elementos complementarios.
- La promoción de la calidad total del proyecto.

GESTIÓN DE LOS CAMBIOS

Todos los proyectos están caracterizados por los cambios. Usualmente, un cambio resulta de una revisión en el alcance del proyecto o de los detalles de construcción. Los cambios tienen un efecto negativo en los proyectos, porque son causa de interrupciones y atrasos.

Debido a la interdependencia de las operaciones de construcción, los cambios afectan la productividad de otras actividades, que no son parte directa del cambio. Interrupciones y atrasos afectan la productividad debido al efecto “Stop and go” de la actividad, al trabajo no ejecutado en secuencia, a la repetición de la Curva de Aprendizaje.

MEDIR UN PROCESO DE PRODUCCIÓN

Un proceso de producción puede ser representado:



Un proyecto de construcción puede ser considerado como un conjunto de pequeños procesos conectados entre sí para formar procesos más grandes. En un proceso de construcción, los inputs utilizados son: Materiales, Personal, Equipo y Management.

Estos inputs vienen consumidos por el sistema en el proceso de producir la unidad de construcción. El control del sistema es logrado coleccionando y procesando información acerca de los varios rendimientos de producción.

Para medir el ratio output/input, es decir, la productividad, se utilizan dos parámetros: La hora-hombre por unidad y El costo por unidad.

El primero enfoca sólo la mano de obra y viene usado para operaciones donde se hace uso masivo de mano de obra. El segundo, el costo por unidad, combina todos los efectos. La productividad de una operación viene medida y comparada con los valores presupuestados. Si la productividad actual no es favorable, las varias categorías de inputs que afectan la productividad necesitan ser examinadas.

2.2.3.6 TEORÍA DEL VALOR GANADO

La teoría del Valor Ganado es uno de los métodos más usados para la medición del rendimiento (avance y costo). El cálculo necesita de tres valores, que son tomados del sistema de costos: El costo presupuestado del trabajo planeado, El costo real del trabajo ejecutado y El costo presupuestado del trabajo ejecutado o Valor Ganado. Estos tres valores, tomados en combinaciones, nos dan una medida de si el trabajo ha sido ejecutado según lo planeado o no.

2.2.4 TIPOS DE TRABAJO

Dentro de la ejecución de una tarea o actividad de construcción se distinguen:

Trabajo productivo (TP): aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción, dentro de la Excavación Subterránea del Túnel de Desvío en estudio, se distingue como Trabajo Productivo la perforación y voladura de roca, entre otras actividades.

Trabajo contributorio (TC): aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Es una actividad necesaria que hace parte del proceso pero no aporta valor en sí misma, dentro de la Excavación Subterránea del Túnel de Desvío en estudio, se distingue como Trabajo Contributorio el abastecimiento de material explosivo, marcación de malla de voladura, entre otros.

Trabajo no contributorio o no productivo (TNC): cualquier actividad que no corresponda a alguna de las categorías anteriores, es decir, que no genera valor y no contribuye a otra actividad; por lo tanto, se considera como actividad de pérdida, por ejemplo: tiempo de ingreso y retiro del personal caminando hacia el frente de trabajo, tiempo de espera del personal de voladura al personal de perforación.

2.3 . TUNEL DE DESVÍO: PROCESO PRODUCTIVO.

2.3.1 . TUNEL: DEFINICIÓN Y PROCESO PRODUCTIVO

2.3.1.1 . DEFINICIÓN

Un túnel es una obra subterránea de carácter lineal, cuyo objeto es la comunicación de dos puntos, para realizar el transporte de personas, materiales entre otras cosas. Normalmente es artificial. Es esencial que cualquier proyecto de túnel comience con una investigación sobre las condiciones del terreno. Los resultados de la investigación nos permitirán saber cuál es la maquinaria y los métodos de excavación y sostenimiento a realizar, y podrán reducir los riesgos de encontrar condiciones desconocidas.

El aprovechamiento del espacio subterráneo constituye en la actualidad una de las alternativas más idóneas para el desarrollo de las vías rápidas de comunicación. A pesar de su mayor costo con respecto a otras soluciones de superficie, presenta cada vez mayores ventajas tanto desde el punto de vista medio ambiental como funcional (acortamiento de distancias, seguridad, menor impacto ambiental, etc)

La mayoría de túneles se construye para salvar un obstáculo natural y permitir el acceso a vías de comunicación para transporte urbano (metros), trasvases y conducciones; o para unir islas o estrechos y para pasos fluviales, en cuyo caso el traslado se efectúa bajo una lámina de agua. Las excavaciones subterráneas están estrechamente relacionadas con la energía y los recursos minerales, almacenamientos subterráneos, etc

Los túneles se caracterizan por su trazado y sección, definidos por criterios geométricos de gálibo, y otras consideraciones de proyecto.

El sostenimiento se refiere a los elementos estructurales de sujeción del terreno, aplicados inmediatamente después de la excavación del túnel, con el fin de asegurar su estabilidad durante la construcción y después de ella, así como garantizar las condiciones de seguridad.

El revestimiento se coloca con posterioridad al sostenimiento y consiste en aplicar sobre el sostenimiento una capa de concreto lanzado, u otros elementos estructurales, con el fin de proporcionar resistencia a largo plazo al túnel y dar un acabado regular, mejorando su funcionalidad (condiciones aerodinámicas, impermeabilidad, luminosidad, albergar instalaciones y propiciar la estética de la obra)

Los estudios geológicos – geotécnicos son absolutamente necesarios para poder proyectar y construir una obra subterránea.

Métodos de Excavación

Los métodos más utilizados para la excavación de túneles en rocas son la perforación y voladura y la excavación mecanizada.

Perforación y voladura: se efectúa el arranque con explosivos y se utiliza en rocas de alta resistencia con velocidad sísmica del orden de $V_p > 2.000 - 2.500$ m/s. según las condiciones del macizo o cuando las rocas sean muy abrasivas. Es el método más utilizado y consiste en efectuar unos taladros en el frente de excavación, cargarlos con explosivos y hacerlos detonar.

En la Imagen se muestra la secuencia de excavación y sostenimiento en avance según este método.

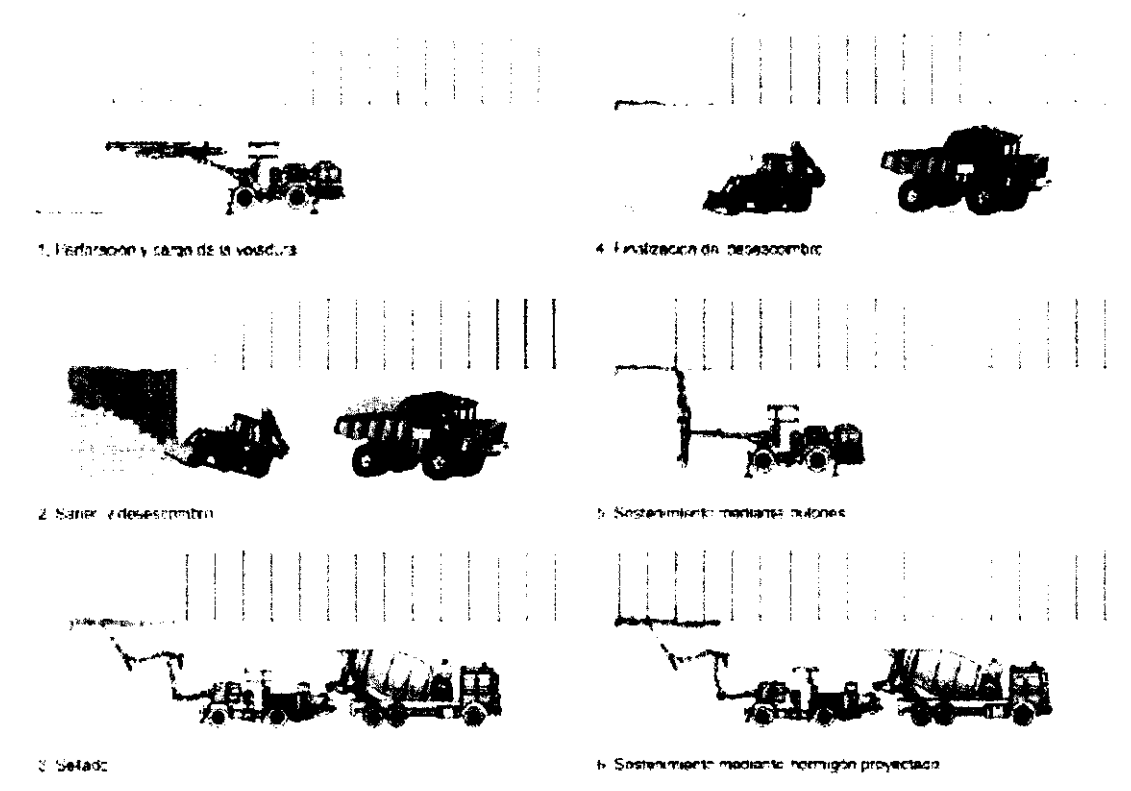


Imagen 2.24. Secuencia de Excavación y Sostenimiento en avance por Perforación y voladura

Excavación mecanizada: el arranque se efectúa por medios mecánicos mediante rozadoras o máquinas tuneladoras, además de, otras máquinas de ataque puntual. Las rozadoras consisten en unas máquinas de ataque puntual dotadas de un brazo que puede recorrer el frente de excavación, y en cuyo extremo se aloja un cabezal rotatorio provisto de las herramientas de corte llamadas picas. Las rozadoras permiten la excavación de rocas de resistencia media e incluso alta. Las tuneladoras (TBM) también llamadas topes, excavan una sección completa de forma circular, mediante

una cabeza giratoria dotada de discos o picas de corte. Las tuneladoras admiten, en general, una amplia gama de rocas, desde blandas hasta las de alta resistencia, con rendimientos peores en este último caso. La gran ventaja es el gran rendimiento que pueden alcanzar, pues es un proceso continuo excavan, sanean, sostienen y revisten el túnel.



Imagen 2.25. Tuneladora TBM “Robbins” para rocas

La elección del método se basa en un criterio de rentabilidad económica: sección, longitud, problemas geológicos, agresividad y dureza de las rocas, entre otros.

2.3.1.2. EXCAVACIÓN SUBTERRANEA CON VOLADURA: PROCESO PRODUCTIVO

Si la roca es muy blanda no la romperemos, sólo la deformamos, la plastificamos, por lo que para que este método sea efectivo la resistencia a compresión del material tiene que ser superior a los ochenta megapascals (80 MPa), tal y como se ha comentado anteriormente.

El proceso se inicia con la perforación de los barrenos con un Jumbo. Se introduce la carga en los barrenos. Se ejecuta la voladura, momento en el que se tiene que ventilar la excavación.

Hay un sostenimiento con pernos de anclaje y concreto proyectado en las rocas que se pueden caer. Luego se elimina el material de excavación (desescombro) y a

continuación se proyectará concreto que evita la caída de rocas, pero no tiene función de sostenimiento, con el nuevo método austríaco, la que aguanta es la roca.

Un ciclo completo conlleva dos turnos de diez horas más dos horas de mantenimiento, es decir, en un día se completa un ciclo, por tanto se avanza unos cinco metros al día. Los tiempos de cada actividad, son aproximadamente los siguientes:

- ✓ Replanteo en el frente del esquema de tiro y perforación de barrenos; 10-30%
- ✓ Carga de los taladros con explosivos (barrenos); 5-15%
- ✓ Voladura y ventilación; 5-10%
- ✓ Retirada del escombros y saneo del frente, bóveda y hastiales; 15-35%
- ✓ Revestimiento; 5-10%

ESQUEMA DE TIRO Y PERFORACIÓN DE BARRENOS, CARGA DE LOS TALADROS CON EXPLOSIVOS, VOLADURA Y VENTILACIÓN

El esquema de tiro es la disposición en el frente del túnel de los taladros que se van a perforar, la carga de explosivo que se va a introducir en cada uno y el orden en que se va a hacer detonar cada barreno. Éste se diseña al principio de la obra en base a la experiencia y a una serie de reglas contempladas en los manuales sobre explosivos. Posteriormente se va ajustando en función de los resultados obtenidos.

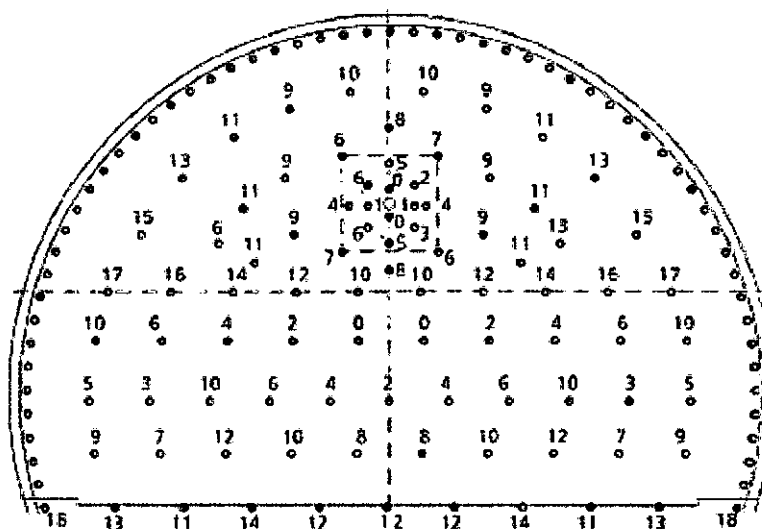


Imagen 2.26. Esquema de Tiro

Respecto a la destroza se puede perforar el frente con taladros horizontales o en banco y con taladros verticales. El primero tiene la ventaja de que se utiliza la misma maquinaria y sistemática de trabajo que para la fase de avance y que puede recortarse con la voladura la forma teórica del túnel, mientras que el segundo tiene la ventaja de la rapidez, el menor consumo de explosivo y que no necesita retirada de escombros en cada voladura, no obstante necesita un recorte posterior para conseguir el perfil del túnel en los hastiales.

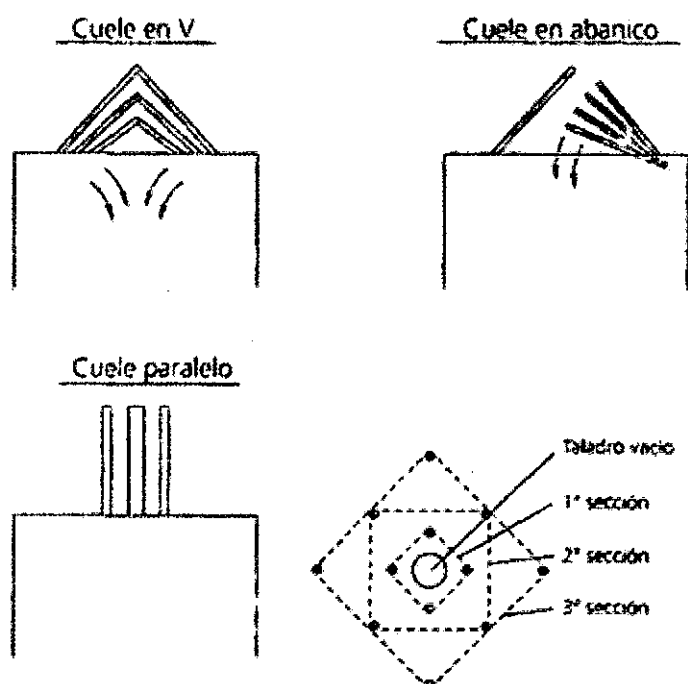


Imagen 2.27. Tipos de Cuele

La perforación de los taladros se puede hacer por dos procedimientos: martillos manuales accionados por aire comprimido y martillos hidráulicos montados sobre una máquina automóvil o jumbo:

Martillos Manuales

Funcionan a percusión, la barrena golpea contra la roca y gira de forma discontinua entre cada percusión, separándose del fondo del taladro. El detritus es arrastrado hasta el exterior del taladro mediante agua, que a su vez refrigera la barrena. Actualmente su uso es accidental y residual, limitado a túneles muy pequeños pues tienen rendimientos muy pequeños y requieren elevada mano de obra.

Jumbos

Es la máquina habitual de perforación, consta de una carrocería automóvil que puede estar dotada de un motor Diesel para el desplazamiento, no obstante el funcionamiento de los jumbos en situación de trabajo es eléctrico.

Tiene la gran ventaja que puede realizar cualquier geometría para la sección del túnel, esto es, circular, en arco, más grande o más pequeña con la misma máquina, no como pasaba con los topos que siempre realiza la misma sección. Pero, por otro lado, tiene una serie de desventajas con respecto al topo; produce mayores vibraciones que pueden afectar de forma más acusada a edificaciones circundantes, se produce sobreexcavación sobre la sección teórica y provoca una mayor alteración del macizo lo que se acaba traduciendo en la necesidad de un mayor sostenimiento que en el caso del necesario con la excavación mediante Topo. En cualquier caso, el uso de un Jumbo es mucho más económico que el de un Topo.

Un Jumbo normalmente suele tener más de un brazo por lo que puede ejecutar más de un barreno a la vez, o colocarse una cesta en la que pueden alojarse uno o dos operarios y que permite el acceso a cualquier parte del frente. Además, puede girar el brazo con cualquier inclinación, hecho por el cual alcanza cualquier sección. En la cabeza del brazo se dispone un martillo que trabaja a rotación y percusión facilitando el barrenado de la roca.

Los rendimientos de perforación que se consiguen con los jumbos hidráulicos actuales pueden superar los 3,5 m/min. de velocidad instantánea de perforación y están dotados de sistemas electrónicos para controlar la dirección de los taladros, el impacto y la velocidad de rotación de los martillos e incluso memorizar el sistema de tiro y perforar automáticamente.



Imagen 2.28. Ejemplo de perforadora jumbo.

Los taladros deben tener una longitud un 5-10% mayor que la distancia que se quiera avanzar con la pega debido a las pérdidas que impiden aprovechar el 100% de la longitud de los taladros. Las longitudes de avance típicas están comprendidas entre 1 y 4 metros en función de la calidad de la roca, de forma que cuanto mayor calidad tenga mayores avances son posibles.

Los taladros de un esquema de tiro típico se disparan con cierto desfase – microretardo o retardo- entre ellos, con objeto de hacer más efectiva la voladura.

Para la perforación y voladura, la sección teórica del túnel se divide en zonas en las que las exigencias de densidad de perforación, carga específica de explosivo y secuencia de encendido son diferentes, estas son:

✦ Cuele y contracuele.

El cuele es la fase de la voladura que se dispara en primer lugar cuya finalidad es crear una primera abertura en la roca que ofrezca al resto de las fases una superficie libre hacia la que pueda escapar la roca, con lo cual se posibilita y facilita su arranque.

Existen distintos tipos de cuele, pero el más usado por su simplicidad es el cuele paralelo, que consiste en un taladro vacío de mayor diámetro que el resto rodeado de tres o cuatro secciones de taladros cargados que explotan según una secuencia

preestablecida. Su diámetro varía entre 100 y 300 mm. aunque en ocasiones puede sustituirse por dos taladros vacíos de diámetro menor, 2x75 mm.

☛ Destroza.

La destroza es la parte central y más amplia de la voladura, cuya eficacia depende fundamentalmente del éxito de la zona del cuele y contracuele, que es la zona crítica de la voladura.

☛ Zapateras.

La zapatera es la zona de la voladura situada en la base del frente, a ras de suelo. Los taladros extremos suelen ir un poco abiertos hacia fuera con objeto de dejar sitio suficiente para la perforación del siguiente avance. Los barrenos de las zapateras son los que más carga explosiva contienen pues además de romper la roca la tienen que levantar y para evitar repiés van ligeramente pinchados hacia abajo y se disparan en último lugar.

☛ Contorno.

De los taladros perimetrales o de contorno dependerá la forma perimetral de la excavación resultante; lo ideal es que la forma real del perímetro del túnel sea lo más parecida posible a la teórica.

Hay dos técnicas para efectuar los tiros perimetrales; el recorte y el precorte. El recorte es la más ampliamente empleada y consiste en perforar un número importante de taladros paralelos al eje del túnel en el contorno, a una distancia de 45 a 100 cm. y con una concentración de explosivo pequeña e incluso nula siendo los últimos barrenos en detonar en la secuencia de encendido. En la técnica del precorte se perfora un mayor número de taladros perimetrales y paralelos entre sí unas distancias entre 25 y 50 cm., con una concentración de carga explosiva entre 0,1 y 0,3 kg/m. Es necesario para el buen funcionamiento de esta técnica un buen paralelismo y una homogénea separación entre taladros. Respecto a la carga explosiva, debe tener una adecuada concentración y una distribución homogénea y ser especial para precorte. Son los primeros en detonar creando una fisuración perimetral que aísla y protege la roca de

las vibraciones del resto de la voladura. Por todo ello sólo se usa el precorte en casos muy especiales.

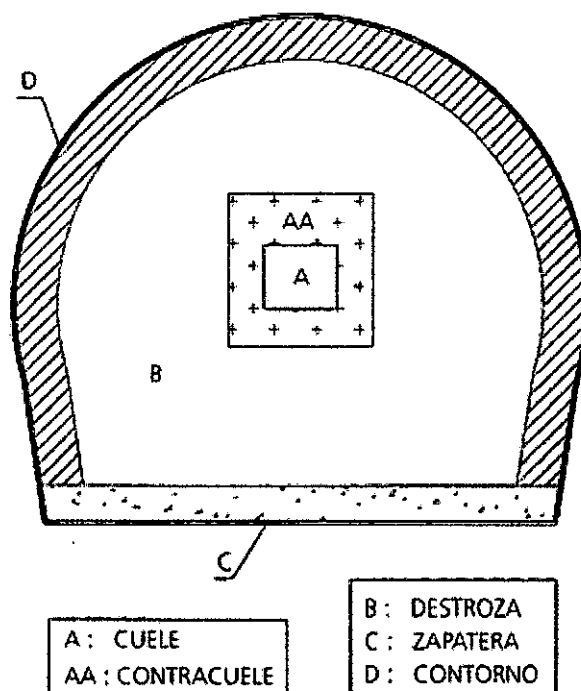


Imagen 2.29. Sección teórica del túnel para perforación y voladura.

DESESCOMBRO Y SANEAMIENTO

Para transportar el escombros se pueden utilizar varias metodologías:

Sobre rieles: Se carga mediante cargadoras de volteo o vagonetas, son pequeñas y cargan por delante y descargan por detrás, aunque también las hay laterales. Se utilizan sobretodo en túneles largos y son típicos de túneles de canales, puesto que son de sección pequeña y sin pendientes elevadas ni giros bruscos.

Con dumpers de perfil bajo: Con cargadoras LHD (Load-Haul-Dump), son máquinas articuladas que cargan, transportan y vierten, si hay suficiente espacio dentro del túnel sobre un dumper de perfil bajo (rentable para distancias mayores de 800 metros) y en caso de que no sea así, sale del túnel y carga sobre camión pero esto sólo es rentable hasta los mil metros.

Su velocidad es de 30-40 km/h y tienen igual comportamiento hacia delante que hacia atrás, es decir, las mismas marchas.

REVESTIMIENTO

En cuanto a lo referente al revestimiento, puesto que el material a excavar es roca, se considera que ésta es colaborante por lo que el sostenimiento será de concreto proyectado con malla electrosoldada o con fibras de poco espesor y pernos de anclaje

Se pueden tener dos tipos de pernos de anclaje; de adherencia y de fricción:

De adherencia:

Consiste en una barra metálica o cables (menos usual) que se introduce en el terreno formando dos tensiones tangenciales. El perno es un elemento pasivo, se clava en el terreno y se coloca la placa de soporte pero no introduce fuerzas de compresión al terreno, no van tesados. De esta forma si la roca intenta caer, el perno lo impide.

Entre la barra metálica y la roca se introduce resina o bien lechada de cemento, que actúan también como protector a la corrosión del perno.

La resina tiene la ventaja de que fragua más rápido, pero como es una mezcla de dos componentes, si esta no se mezcla bien no funciona. Se introducen cartuchos de resina y endurecedor, se atraviesan con la barra y se le da vueltas para que se mezcle. Con resinas no se pueden utilizar cables.

En el caso del mortero de cemento, se introduce primero la barra o el cable y a posteriormente se inyecta la mezcla de cemento, con la desventaja que fragua en horas, por lo que tarda más en entrar en funcionamiento.

De fricción:

A su vez se dividen en; alta carga de contacto y baja carga de contacto:

➤ Alta carga de contacto:

Funcionan como un taco, el anclaje se introduce en el taco del extremo que se expande y a continuación se coloca la placa y la tuerca. Funciona al momento y es sencillo de ejecutar pero introduce fricción en un único punto que puede producir la rotura de la roca debido a la aparición de altas tensiones tangenciales puesto que están distribuidas en una longitud muy pequeña (puntual) por lo que sólo se coloca en rocas muy duras y sanas. Es capaz de resistir hasta 20 toneladas.

➤ Baja carga de contacto:

Esta tipología busca que la fricción se reparta en una mayor longitud. Distinguimos dos tipologías; Split set y Swellex:

- Split set: en la perforación realizada se introduce un perno de mayor diámetro que dicha perforación, que al introducirse se va chafando por lo que se tendrá fricción en toda su longitud, adaptándose a la roca.
- Swellex: tiene una idea de funcionamiento inversa al anterior, es decir, en una perforación se introduce un perno de diámetro menor. Una vez introducido en la perforación, se expande el bulón (con agua a presión en su interior, por ejemplo) hasta que topa con la roca, asegurando así el correcto contacto entre los dos elementos. Tiene capacidad para resistir unas 19 toneladas y funcionan de forma instantánea.

2.3.2 . TUNEL DE DESVIO CH CHAGLLA

2.3.2.1 . TUNEL DE DESVIO CH CHAGLLA: DESCRIPCIÓN GENERAL

El desvío del río Huallaga ha hecho posible la construcción de la presa.

El esquema de desvío consideró la excavación de un túnel en la margen izquierda del dimensionado para crecidas con periodo de recurrencia de 50 años, considerando que el periodo de estiaje corresponde a los meses de abril hasta octubre.

Para la construcción del Túnel de Desvío, fue necesaria la construcción de una ventana de 71,30 m de largo y una sección de 5,00 m x 6,50 m en forma de herradura.

GEOLOGÍA LOCAL

La limpieza del emboque aguas arriba del túnel mostro que esta zona estaba cubierta por un suelo coluvial. La remoción de este material, con poco espesor, es indispensable para llegar a la caliza. Esta roca es parcialmente brechada, intensamente fracturada y microfracturada.

Los sondeos SR-201, SR-202, SR-202A se realizaron en el emboque del túnel y el SR-237 en el desemboque del túnel. El primero se hizo en el canal de entrada y presentó la capa aluvial con 9,90 m de profundidad seguido de caliza gris oscura muy fracturada; la roca presentase a partir de la cota 1002,00 en la orilla del río. El sondeo SR-237 fue ejecutado cerca del río en el canal de salida del túnel y mostró la presencia de roca casi expuesta (1,50 m de coluvio) medianamente a poco fracturada.

Estructuras geológicas

Las excavaciones del túnel de desvío cruzó en su mayor parte por calizas y brechas calcáreas con dirección preferencial de estratos perpendiculares al eje, con rumbos y buzamientos NE/NW, siendo esto muy favorable para la estabilidad interna de los hastiales juntamente con los tratamientos proyectados.

Consideraciones geológicas y geotécnicas

El túnel de desvío posee 1.128,50 m de longitud y fue excavado en los mismos tipos de rocas calcáreas existentes en el área de presa. Durante la excavación se previó la necesidad de la instalación de los siguientes refuerzos:

❖ Taludes a cielo abierto:

- Concreto lanzado con fibras metálicas y espesor de 10cm.
- Pernos de anclaje pasivo L=3,0 m, diámetro de 25mm, espaciados a cada 2,5m.
- Drenes cortos con L=0,50 m y espaciados a cada 5,0m.

❖ Portales:

- Dos coronas de pernos de anclaje activos espaciados a 0,50 m, con 6,0 m de longitud, 25mm de diámetro y espaciados a cada 1 m.
- Concreto lanzado con fibras metálicas con espesor de 10 cm

❖ Excavaciones subterráneas:

- Pernos de anclaje pasivo con $L=4,0$ m y espaciamiento variable;
- Concreto lanzado con fibras metálicas o malla electrosoldada y espesor de 10cm;
- Drenes cortos con $L=0,50$ m y espaciados a cada 4,0m.

TUNEL DE DESVÍO

Las obras de desvío han sido dimensionadas para un caudal de $1.832 \text{ m}^3/\text{s}$, que corresponde a una avenida con 50 años de recurrencia.

Para el desvío del río Huallaga se excavó un túnel ubicado en la margen izquierda de una longitud de 1.111,2 m (Incluyendo su estructura de control) con los pisos de los portales de entrada y salida ubicados en las elevaciones 1.004,00 m y 1.000,00 m, respectivamente. El túnel presenta una sección arcocorrectángulo con 12,50 m de ancho y 12,50 m de altura.

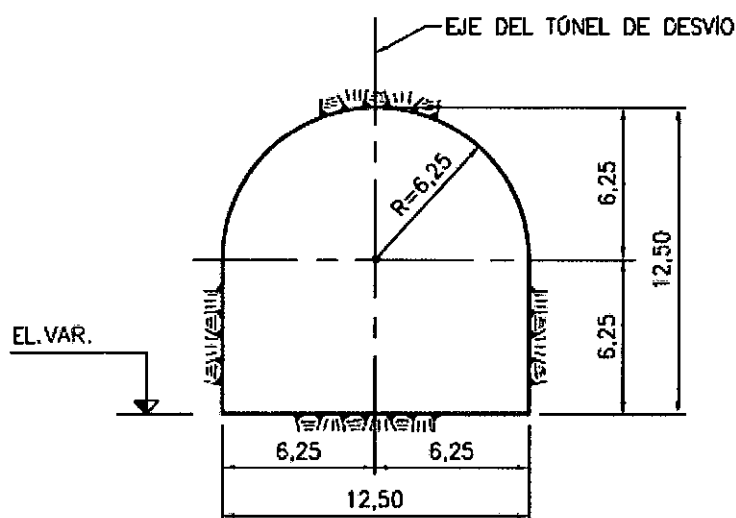


Imagen 2.30. Sección de Túnel de Desvío

Para posibilitar el cierre del túnel después de la construcción de la presa, se ha diseñado una estructura de control en una posición intermedia del túnel donde se instalarán las compuertas de cierre que serán manejadas a partir de una plataforma ubicada en la elevación 1.075,00 m.

Posterior al cierre de las compuertas comenzará la ejecución del tapón de concreto (cierre definitivo) que está ubicado en el eje de la presa.

Aguas arriba del portal de entrada del túnel está dispuesto el canal de entrada con cerca de 80,00 m de longitud con fondo variando entre las elevaciones 1.006,50 m y 1004,00 m. El canal de salida del túnel de desvío tiene una longitud de 30,00 m con el fondo en la elevación 1.000,00 m.

El túnel de desvío ha sido diseñado para tener capacidad de descargar el caudal de 1.832 m³/s con el nivel de agua aguas arriba de la presa en la elevación 1.066,5 m.

En términos hidráulicos la curva de descarga del túnel de desvío fue calculada a través de una consideración de un coeficiente “n” de Manning de 0.03 m^{-1/3.s} para las paredes no revestidas del túnel. Además de eso, se consideró una pérdida de carga en la entrada del túnel equivalente a 50% de la altura de velocidad del flujo en esta sección. La pérdida de carga en las curvas del túnel fue estimada equivalente a 25% de la altura de velocidad del flujo. Para el caudal de diseño la velocidad en el túnel de desvío es de 13,1 m/s mientras, que las compuertas tienen una velocidad de 18 m/s.

Para la protección de excavación del túnel de desvío y construcción de la estructura de control se consideró la permanencia de los septos roca “in situ” complementados con muros de hormigón hasta las elevaciones 1.013,00 m y 1.006,00 m en el canal de entrada y salida, respectivamente. Estas elevaciones garantizan la protección contra la crecida con tiempo de recurrencia de 5 años.

Caudal (m³/s)	Elevación (m)	Caudal (m³/s)	Elevación (m)
3,7	1004,50	1276,0	1037,20
5,0	1004,59	1300,0	1038,25
10,0	1004,69	1400,0	1042,80
20,0	1005,34	1500,0	1047,62
50,0	1006,38	1595,0	1052,48
100,0	1007,71	1700,0	1056,15
200,0	1009,81	1832,0	1059,73
400,0	1013,17	2000,0	1076,15
500,0	1014,64	2068,0	1080,60
641,0	1016,58	2100,0	1082,75
700,0	1017,64	2200,0	1089,66
1000,0	1026,28	2302,0	1097,03
1023,0	1027,11	2500,0	1112,27
1200,0	1033,98		

Imagen 2.31. Curva Caudal – Elevación del Túnel de Desvío

2.3.2.2. TUNEL DE DESVIO CH CHAGLLA: PROCESO PRODUCTIVO

La perforación de túneles del Proyecto está caracterizada por la repetición sistemática de ciclos que comprenden las siguientes actividades:

- Evaluación geológica, cartografiado y definición del sostenimiento
- Sostenimiento con concreto lanzado (“Shotcrete”)
- Marcación topográfica
- Perforación
- Instalación de los pernos
- Carguío de los explosivos
- Disparo y ventilación
- Extracción de material detonado (desmonte)
- Desatado mecánico y/o manual

La secuencia ejecutiva del ciclo descrito se consideró como padrón, pero dependiendo de la calidad de la roca, se ajustó a manera de garantizar la estabilidad de sección excavada. Los ajustes dados en el camino, fueron definidos por el Geólogo y la parte ejecutora.

A continuación se hace la descripción de cada una de las etapas:

EVALUACIÓN GEOLÓGICA, CARTOGRAFIADO Y DEFINICIÓN DEL SOSTENIMIENTO

El Geólogo del frente, acompaña la operación de desatado del frontón, ejecuta el mapeo y la evaluación Geológica de la sección excavada emitiendo las recomendaciones de excavación y definiendo el sostenimiento a ser aplicado de acuerdo a la evaluación y la secuencia de aplicación de este sostenimiento.

Es de gran importancia la aplicación correcta del sostenimiento, conforme la orientación recibida del Geólogo, debiendo ser aplicado en cantidad, secuencia y calidad especificada, para no comprometer la estabilidad de la estructura.

Se distinguen cinco tipos de roca: Tipo I, II, III, IV y V, definiendo como la roca de mejores condiciones la Tipo I y la de menor calidad la Tipo V.

De manera general la secuencia ejecutiva del sostenimiento debe ser realizada según se describe:

Sostenimiento tipo I, II y III – aplicación de la primera capa de concreto lanzado, con mitad del espesor total a ser aplicado, perforación e instalación de los pernos. La segunda capa de concreto lanzado podrá ser ejecutado en el próximo avance.

Sostenimiento tipo IV y V – aplicación de la primera capa de concreto lanzado, perforación e instalación de los pernos, instalación de cimbras (tipo V), mallas (si es recomendado) y aplicación de la segunda capa de concreto lanzado. El próximo ciclo solamente puede ser iniciado con 100% del sostenimiento aplicado o conforme recomendación del Geólogo.

SOSTENIMIENTO CON CONCRETO LANZADO

Independientemente del tipo de sostenimiento definitivo a ser aplicado, se debe aplicar una primera capa de concreto lanzado para estabilización de la roca, evitando desprendimiento de material durante la instalación del sostenimiento definitivo y

etapas siguientes del ciclo. El concreto lanzado de esta capa deberá ser con fibra de acero siempre que se observe presencia de agua de filtraciones. En superficies secas podrá ser utilizada fibras sintéticas de polipropileno en sustitución de la fibra de acero.

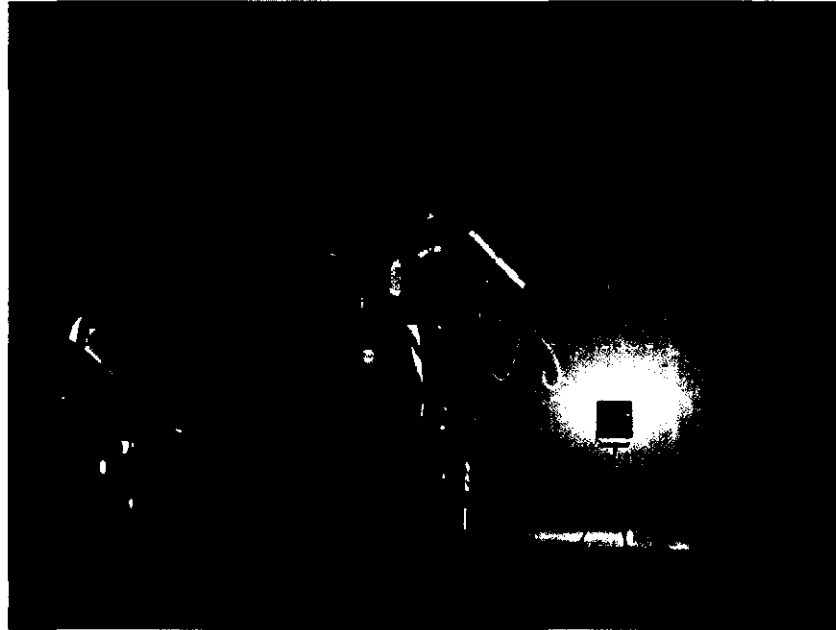


Imagen 2.32. Sostenimiento con Concreto Lanzado (Shotcrete).

MARCACIÓN TOPOGRÁFICA

La actividad de marcación topográfica consiste en:

- Verificar la sección excavada, comparándola con la sección de diseño, para garantizar que no hay sub excavaciones y sobre excavaciones.
- Ubicación de los elementos de sostenimiento, pernos o cimbras
- Ubicación de los puntos para perforaciones de los taladros necesarios para voladura del frontón, conforme Diagrama de Voladura.. Esta ubicación solamente es necesaria para perforaciones ejecutadas con jumbos mecánicos o perforadoras manuales; para perforaciones con jumbos electrónicos que poseen sistema de alineamiento y ubicación automática, tipo TCAD o ABC Total, el equipo de topografía deberá hacer el posicionamiento del brazo de perforación del jumbo, utilizando para esto una mira LASER (cañón laser) o una Estación Total de topografía, informando al operador del jumbo las coordenadas de partida para el sistema de navegación electrónica.

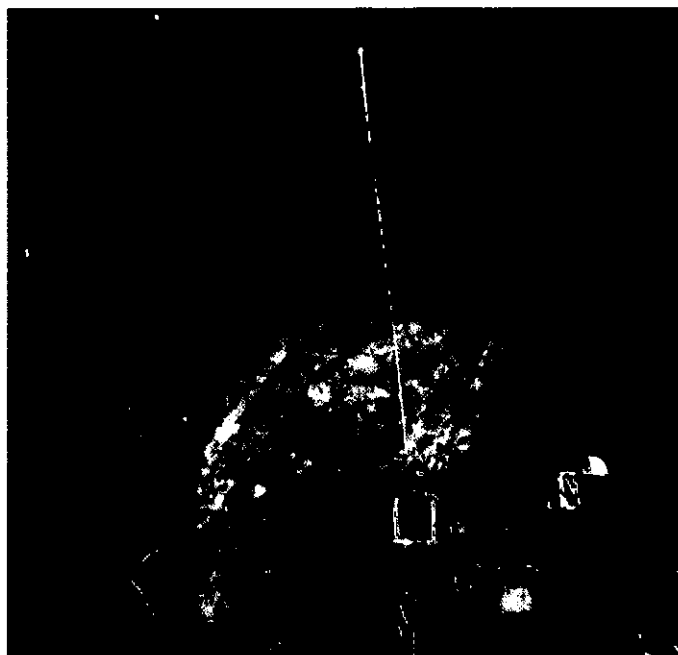


Imagen 2.33. Marcación Topográfica

PERFORACIÓN

De todas las actividades del ciclo de excavación, esta es la actividad que más impacto provoca en el resultado final de todo el proceso de excavación de túnel. Una perforación bien ejecutada trae como beneficios:

- Una sección regular, con buen acabado, sin presencia de sub o sobre excavaciones
- Un buen rendimiento de la voladura en relación al avance
- Ahorro de elementos de sostenimientos, principalmente de concreto lanzado
- Ahorro de tiempo
- Y, principalmente, ganancia de seguridad con la mejor estabilidad de la sección excavada, con poco daño al macizo remaneciente.

Considerando la importancia de la perforación, se adoptan los siguientes procedimientos durante su ejecución:

En perforaciones manuales o con jumbos mecánicos, utilizarse de sistema de referencias que garantice la ejecución de taladros paralelos y con las inclinaciones definidas en el diagrama de perforación.

En perforaciones con jumbos electrónicos, con sistema de navegación tipo TCAD, asegurarse que el sistema esté calibrado y utilizar el sistema de navegación para el posicionamiento de los brazos de perforación.



Imagen 2.34. Perforación con Jumbo

Por seguridad está prohibido al operador hacer uso de restos o sobras de taladros de la voladura anterior para iniciar la perforación de un nuevo taladro, pues puede contener sobras de explosivos o fulminantes en su interior.

En esta etapa del ciclo de excavación también deben ser ejecutadas las perforaciones necesarias para instalación de los pernos y cáncamos necesarios para completar el sostenimiento definido por el Geólogo.

INSTALACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE

La cantidad y longitud de los pernos son definidas por el Geólogo conforme descrito arriba.

Como medida de seguridad y para garantizar la calidad de los pernos, está prohibida la instalación de pernos utilizando los brazos de perforación del jumbo.

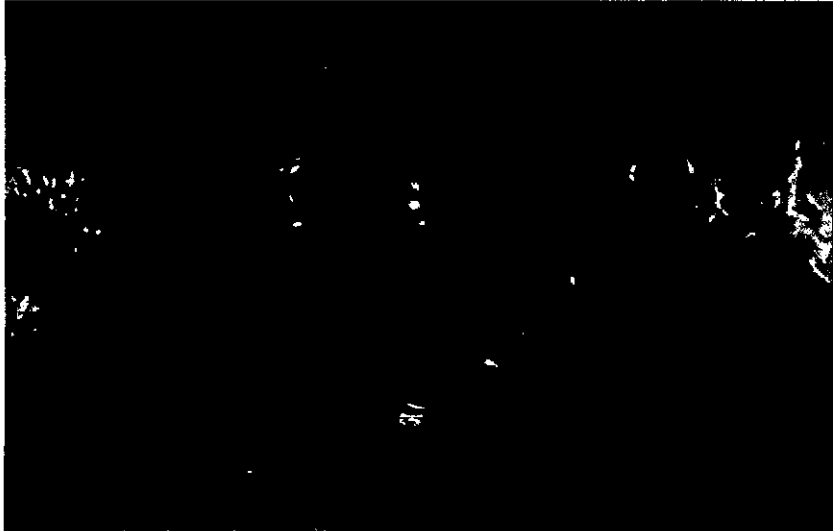


Imagen 2.35. Colocación de pernos de Anclaje

CARGUÍO DE LOS EXPLOSIVOS

Para la ejecución del carguío de los explosivos se debe asegurar que todos los taladros fueran ejecutados y que se encuentran limpios y desobstruidos, garantizando así el completo y correcto carguío de todos los taladros. El Responsable del frente de excavación es el responsable por la emisión y aprobación del Diagrama de Voladura y garantizar su aplicación conforme cada tipo de macizo rocoso.

Como medida de seguridad, durante el carguío de explosivos está prohibida la utilización de “atacadores” de acero, debiendo ser de madera o PVC.



Imagen 2.36. Carguío de Explosivos y formación de malla.

DISPARO Y VENTILACIÓN

Esta etapa consiste en la evacuación del área de influencia de la voladura, colocación de la mecha lenta con fulminante, chispeo o encendido de la mecha lenta, voladura y verificación del resultado de la voladura.

Después de la voladura, deberá ser prendido el sistema de ventilación y aguardado el tiempo necesario para disipación de gases originados en el proceso de voladura.

EXTRACCIÓN DEL MATERIAL VOLADO

Esta etapa consiste en la remoción del material rocoso resultante del proceso de voladura, utilizando un equipamiento de carguío y equipamientos de transporte.



Imagen 2.37. Extracción de Material de voladura.

DESATADO MECÁNICO Y/O MANUAL

Esta etapa consiste en la operación mecánica o remoción manual de los bloques sueltos de roca en toda la superficie excavada. La operación mecánica es realizada a través de rompedores o martillos hidráulicos armados en una excavadora, que puede ser de orugas o de llantas. Para la operación de desate manual son utilizadas canastillas y personas, con palancas de acero para la remoción de los bloques sueltos.

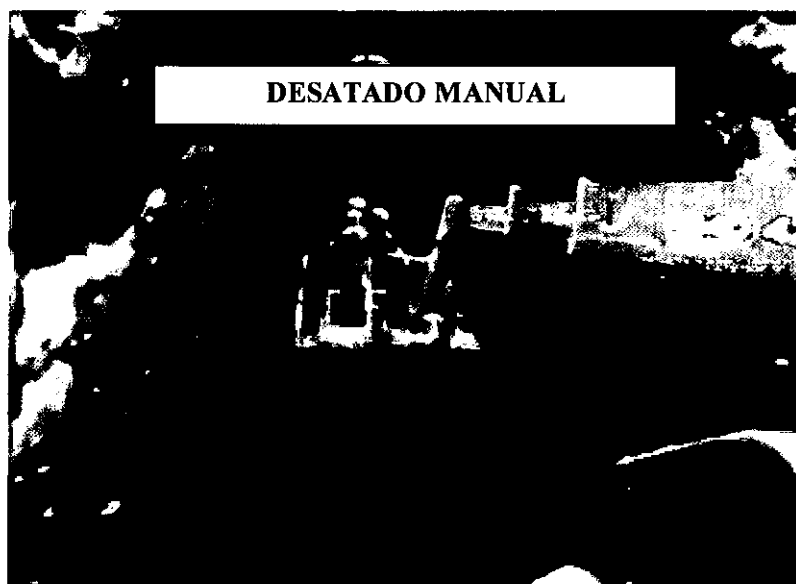


Imagen 2.38. Desatado Manual

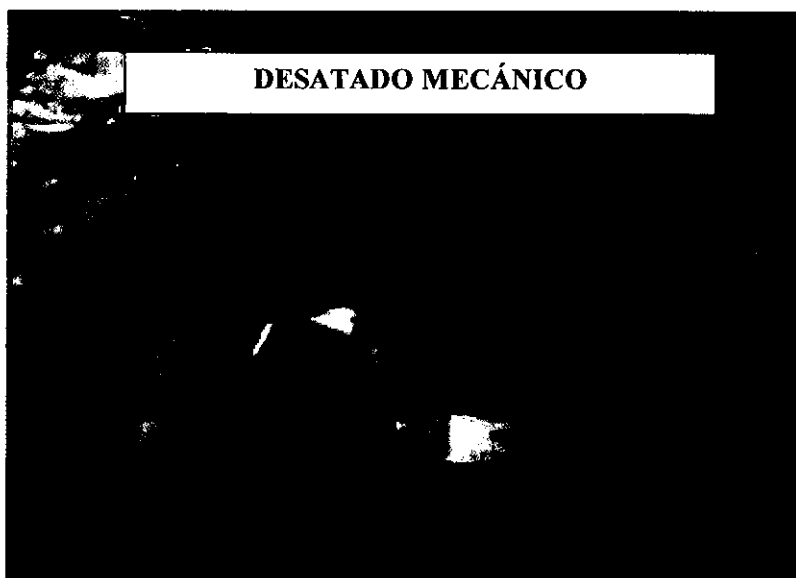


Imagen 2.39. Desatado Mecánico

3. MATERIAL Y MÉTODOS: EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EXCAVACION SUBTERRÁNEA EN EL TÚNEL DE DESVÍO DEL PROYECTO CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHAGLLA

La excavación del Túnel de Desvío de la Central Hidroeléctrica Chaglla, se atacó desde tres frentes de trabajo, para lo cual, se excavó una Ventana de Acceso al Túnel, de 102.5 m de longitud, con una sección de 5.00 m x 6.50 m, área de Sección 29.81 m²

La excavación de la Ventana se llevó a cabo desde el 20 de Setiembre del 2011 hasta el 18 de Octubre del mismo año, dando apertura a los frentes, el 19 de Octubre.

Los datos de excavación indican que se encontraron tres tipos de roca: Tipo II de buenas características, en un 57%, Tipo III de condiciones medias, en un 41% y Tipo IV, roca con presencia de fracturas, en un 2%. Con relación a estos tipos de roca se obtuvo un Ratio Promedio de Excavación de 4.27 m/día, siendo el día de mayor Producción el 12 de Octubre con un avance de 7.60 m de excavación en roca Tipo II.

Cuadro 3.1 Resumen de Excavación de Ventana de Acceso al Túnel de Desvío

58.10	II	57%	9	6.46
42.40	III	41%	13	3.26
2.00	IV	2%	2	1.00
Longitud Total (m)	Roca Predominante	Porcentaje Total	Total de Días Laborados	Ratio Promedio (m/día)
102.50	II	100%	24	4.27

Se diferencian los tres frentes de trabajo en el gráfico 3.1. Se ingresa por la ventana y en la intersección con el Túnel de Desvío, hacia la Izquierda se desarrolló el Frente 01 Aguas Arriba con 126.27 m de Longitud y hacia la derecha se ejecutó el frente 01 Aguas Abajo de 637.63 m e ingresando por el Portal de Salida se inició la Excavación del Frente 02 con 347.3 m de longitud.

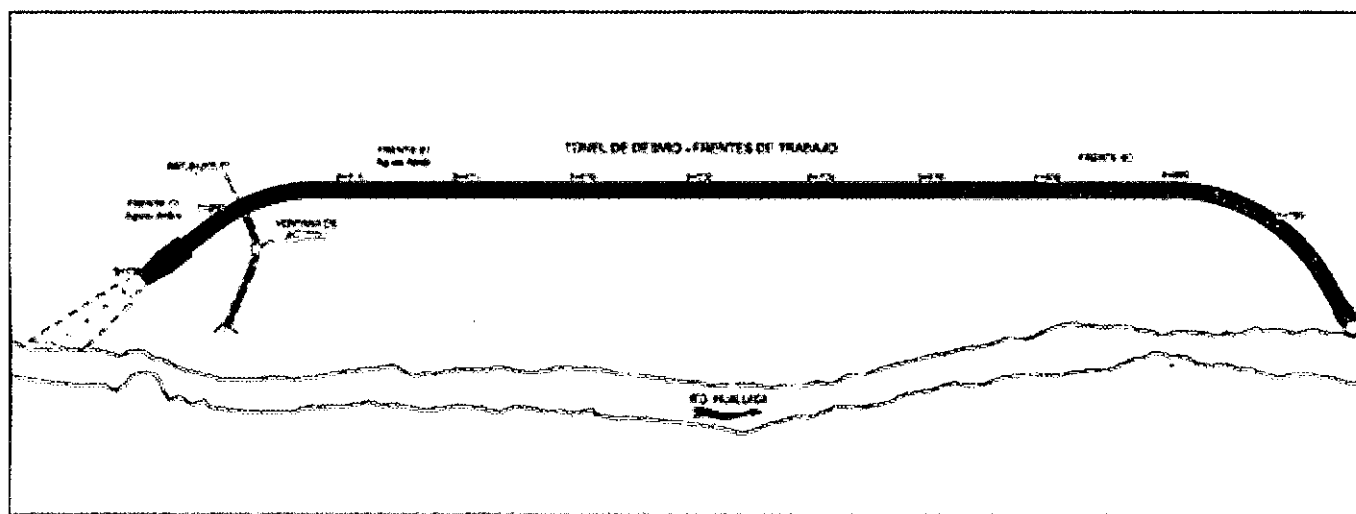


Imagen 3.1. Metodología de Excavación de Túnel de Desvío, Identificación de Frentes

El Túnel de Desvío tiene una longitud de 1111.20 m y una sección de 12.5 m x 12.5 m, área: 139.48 m², debido a sus grandes dimensiones la excavación se realizó en dos etapas, denominadas Excavación de Bóveda y Excavación de Banco, como muestra la Imagen 3.2. Estas dos fases se separaron para mejorar y acelerar el proceso constructivo, puesto que, el equipo utilizado para la excavación de la bóveda, fue un Jumbo Electro Hidraulico de 2 Brazos (DT820 - E2C), cuya altura de excavación máxima es de 8 m, y para el banqueo, cuyo proceso es relativamente más sencillo, se utilizó un - Track Drill Perforadora Neumática de Orugas PWH 5000.

Para combinar ambos tipos de Excavación fue necesaria la construcción de rampas de acceso, las cuales se construyeron con 12% de pendiente, como máximo para dar accesibilidad a los equipos involucrados, sean volquetes o camiones mezcladores (mixer).

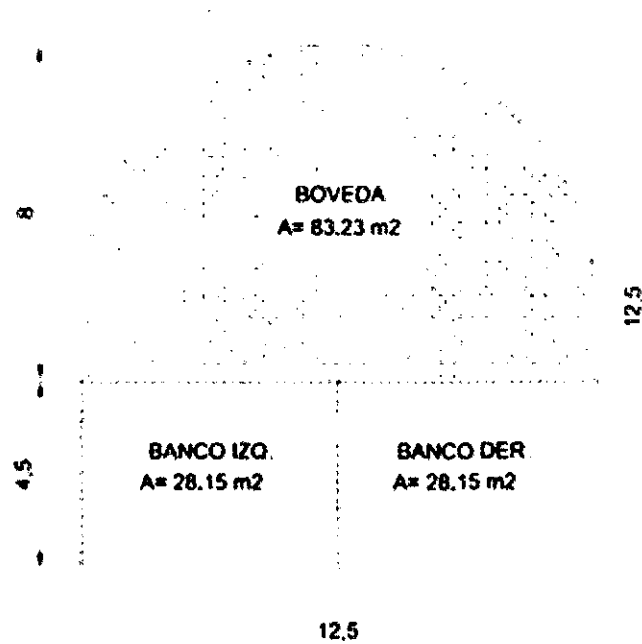


Imagen 3.2. Fases de Excavación Túnel de Desvío

COMPARATIVO DE COSTOS

Se inició el análisis de Productividad de Túnel de Desvío, haciendo un comparativo entre el Presupuesto Base elaborado en el 2011 y el Acompañamiento de Ejecución de los Años 2011 y 2012, cuyo resultado se muestra en el Cuadro 3.2 y 3.3.

Se detalla los costos realizados para la Ejecución del Túnel de desvío, incluyendo Portales (aunque, estos no son tema de estudio), presentando las actividades de: Excavación Subterránea, Perforación rotopercusiva, Aplicación de Drenos cortos, Aplicación de Sostenimiento con Shotcrete, Malla electrosoldada y Cimbra H e Instalación de medidores de Convergencia.

Haciendo una comparación simple, se tiene que hubo un incremento de costos en casi todas las actividades, exceptuando la colocación de Drenos cortos, lo que quiere decir, que en el eje de excavación no hubo mayor presencia de fallas como se tuvo previsto, ahorrando en ello.

En términos generales la Excavación del Túnel de Desvío tuvo un incremento de \$ 3'323,796.35 pero en situación de plazo, llegamos a culminar la excavación con 68 días de anticipación.

Cuadro 3.2 Análisis de Costos, comparativo Presupuesto 2011 y Ejecutado

ANALISIS DE COSTOS			PRESUPUESTO 2011	EJECUTADO 2011 Y 2012		
FECHAS	Inicio: 19/10/2011		Fin: 02/10/2012	Inicio: 19/10/2011		Fin: 26/07/2012
UA	Descripción	Und	Costo Previsto 2011 (\$)	Costo Real 2011 (\$)	Costo Real 2012 (\$)	Costo Real TOTAL (\$)
	PORTALES TUNEL DESVIO		1,399,572.92	587,307.16	615,836.53	1,203,143.69
4110	Desbroce y Desraizado	m2	15,087.60	27,126.73	52,631.79	79,758.52
4120	Excavacion no clasificada	m3	136,105.49	156,364.26	149,086.11	305,450.37
4130	Excav en Roca Fija	m3	1,056,233.59	262,080.20	203,887.31	465,967.51
4140	Perforacion y Colocacion de pernos de anclaje	m	40,291.58	57,715.56	78,203.93	135,919.49
4150	Drenaje Superficial	m	6,266.52	12,501.61	1,436.28	13,937.89
4190	Shotcrete	m3	145,588.14	71,518.80	130,591.11	202,109.91
	TUNEL DE DESVIO		5,483,359.52	1,243,301.95	7,563,853.92	8,807,155.87
4210	Excavacion Subterranea	m3	4,073,840.86	861,602.65	3,245,635.73	4,107,238.38
4215	Perf rotopercusiva anclajes y tirantes	m	357,630.39	101,646.61	793,357.12	895,003.73
4220	Drenos Cortos Localiz L=05m=50mm	m	27,929.53	-	21,509.90	21,509.90
4225	Shotcrete sin fibra de acero /con fibra	m3	806,888.63	273,099.67	2,922,789.07	3,195,888.74
4226	Malla Electrosoldada	kg	119,600.75	-	152,515.40	152,515.40
4230	Cimbra H W 6 x 3720 kgm @ 1m	kg	96,347.37	6,953.02	337,974.80	344,927.82
5810	Instal. medidores de Convergencia	und	1,122.00	-	90,071.90	90,071.90
	REDES Y UTILIDADES TUNEL DESVIO		1,257,339.48	3,736.46	1,605,187.02	1,608,923.48
	TOTAL GENERAL		8,140,271.92	1,834,345.57	9,784,877.47	11,619,223.04

Cuadro 3.3 Diferencias de Costos, Presupuesto 2011 y Ejecutado

DIFERENCIA PREVISTO vs EJECUTADO		COSTO DE 68 DÍAS DE TRABAJO AHORRADOS	
-Días: 68.00	AHORRO	Consiedra: Mano de Obra y Equipos, 1m por día	
DIFERENCIA	SITUACION	Costo de Actividad Extra (\$) Avance de 1m por día	Costo de Actividad Extra (\$) Avance de 1m por 68 días
-196,429.23	AHORRO		
64,670.92	INCREMENTO		
169,344.88	INCREMENTO		
-590,266.08	AHORRO		
95,627.91	INCREMENTO		
7,671.37	INCREMENTO		
56,521.77	INCREMENTO		
3,323,796.35	INCREMENTO	209,154.92	14,222,534.30
33,397.52	INCREMENTO	168,683.16	11,470,454.92
537,373.34	INCREMENTO	19,994.45	1,359,622.57
-6,419.63	AHORRO	1,799.49	122,365.34
2,389,000.11	INCREMENTO	9,596.64	652,571.60
32,914.65	INCREMENTO	9,081.17	617,519.87
248,580.45	INCREMENTO	-	-
88,949.90	INCREMENTO		
351,584.00	INCREMENTO		
3,478,951.12	INCREMENTO	209,154.92	14,222,534.30

En el cuadro 3.3 muestra que de haber trabajado los 68 días de anticipación, con avance de 1m por día, sólo en mano de Obra y Equipos se hubiera gastado \$ 14'222,534.30, lo cual ahorramos; y en términos de Plazo y continuidad de Obra, sólo anticipando el desvó del Río en Agosto del 2012, íbamos a lograr el inicio del Relleno de la Presa, acorde al periodo de precipitación, que inicia en Octubre.

RESUMEN DE EXCAVACIÓN – RATIOS

Ratios Ingeniería Básica

En la elaboración del Expediente del proyecto, se consideraron los siguientes ratios de Excavación dependiendo del Tipo de Roca, los cuales serán un patrón para iniciar las comparaciones de productividad.

Cuadro 3.4 Avance por Tipo de Roca según Ingeniería Básica:

Tipo de Roca	Avance	Porcentaje %	Longitudes (m)
Tipo I	4.74 m/día	25.2%	280.02
Tipo II	4.01 m/día	25.8%	286.69
Tipo III	3.42 m/día	31.5%	350.03
Tipo IV	1.07 m/día	14.6%	162.24
Tipo V	0.84 m/día	2.9%	32.22
Promedio Ponderado	3.49 m/día	100.0%	1111.20

Ratios de Ejecución por Frentes - Bóveda

De acuerdo al registro de la Excavación del Túnel de Desvío, se presentan los siguientes datos por Frente de Ejecución, Tipo de roca, Cantidad de Voladuras y el ratio Promedio de Excavación en Bóveda.

El Frente 01 Aguas Arriba, se desarrolló desde Octubre 2011 hasta Enero 2012.

Cuadro 3.5 Excavación de Bóveda Frente 01 Aguas Arriba – Ratio m/voladura

Tipo de Roca	Cantidad Voladuras Día	Cantidad Voladuras noche	Longitud de Avance Día (m)	Longitud de Avance Noche (m)	Longitud Total de Avance (m)	Ratio Promedio de Avance diario por Tipo de Roca (m/Voladura)
II	11	5	28.60	13.57	42.17	2.66
III	12	16	32.60	45.4	78.00	2.78
IV	2		6.10		6.10	3.05
Roca Predominante	Cantidad Voladuras Día	Cantidad Voladuras noche	Longitud de Avance Día (m)	Longitud de Avance Noche (m)	Longitud Total de Avance (m)	Ratio Promedio (m/Voladura)
III	25	21	67.30	58.97	126.27	5.35

La ejecución de voladuras está ligada al tipo de roca, pues las características de la misma determinan la cantidad de Explosivos a colocar para evitar efectos de socavación y accidentes. Sin embargo la tabla 3.5 presenta que el ratio de voladura en Rocas tipo II y III bordea los 2.7 m/vol., mientras que, en Roca Tipo IV, llega a 3 m/vol. Lo cual indica que la Productividad en Rocas de mejores calidad no alcanzó lo esperado o que en Roca tipo IV el personal ya había adquirido mejor manejo de las labores.

La tabla siguiente indica que en la Excavación de la Bóveda, pese a que la Roca predominante era la Tipo III, de condiciones medias, la Productividad con respecto a la Ingeniería Básica cayó considerablemente, de 3.42 m/día a 2.05 m/día, sin embargo, cabe resaltar, que durante la ejecución de este frente se ejecutó una sobreexcavación bastante amplia de manera obligatoria para la construcción de la Estructura de Control.

Cuadro 3.6 Excavación de Bóveda Frente 01 Aguas Arriba – Ratio m/día

Longitud (m)	Tipo de Roca	Porcentaje por Tipo de Roca (%)	Cantidad de Días	Ratio Promedio de Avance diario por Tipo de Roca (m/día)
42.17	II	33%	20	2.11
78.00	III	62%	38	2.05
6.10	IV	5%	3	2.03
Longitud Total	Roca Predominante	Porcentaje Total	Total de Días Laborados	Ratio Promedio (m/día)
126.27	III	100%	61.00	2.07

El Frente 01 Aguas Abajo, se desarrolló desde Octubre 2011 hasta Junio 2012.

Lo mismo sucedió en el inicio de las actividades del frente 01 Aguas abajo, pues los valores de avance por voladura mejoran con el tiempo, en la medida que el personal responsable, ha alcanzado nivel de experiencia en la actividad.

Este frente obtiene mejores ratios de avance por voladura que el anterior conforme al tipo de roca encontrado en la excavación.

Cuadro 3.7 Excavación de Bóveda Frente 01 Aguas Abajo – Ratio m/voladura

Tipo de Roca	Cantidad Voladuras Día	Cantidad Voladuras noche	Longitud de Avance Día (m)	Longitud de Avance Noche (m)	Longitud Total de Avance (m)	Ratio Promedio de Avance diario por Tipo de Roca (m/Voladura)
II	33	27	91.73	82.4	174.13	2.92
III	48	43	149.90	158.1	308.00	3.40
IV	28	19	77.30	59.5	136.80	2.95
V	7	4	12.40	6.3	18.70	1.67
Roca Predominante	Total Voladuras Día	Total Voladuras noche	Longitud Avance día Total (m)	Longitud Avance noche Total (m)	Longitud Total de Avance (m)	Ratio Promedio (m/Voladura)
III	116	93	331.33	306.30	637.63	6.24

Cuadro 3.8 Excavación de Bóveda Frente 01 Aguas Abajo – Ratio m/día

Longitud (m)	Tipo de Roca	Porcentaje por Tipo de Roca (%)	Cantidad de Días	Ratio Promedio de Avance diario por Tipo de Roca (m/día)
174.13	II	27%	45	3.87
308.00	III	48%	67	4.60
136.80	IV	21%	50	2.74
18.70	V	3%	15	1.25
Longitud Total	Roca Predominante	Porcentaje Total	Total de Días Laborados	Ratio Promedio (m/día)
637.63	III	100%	177.00	3.60

Se identifica en este frente presencia de roca Tipo V, de malas condiciones, esta roca, necesita un sostenimiento especial, con incorporación de cimbras metálicas cada metro, que funcionan como marco de la sección, para evitar la caída del techo de la excavación, además de malla electrosoldada y Concreto lanzado, Shotcrete, todo ello implica, mayor tiempo en el proceso de sostenimiento e incremento de costo. La Productividad es baja por condiciones geológicas.

La presencia de agua, es otra de las complicaciones que presentó la excavación de este frente, para ello, se ejecutaron inyecciones en la zona de infiltración y se colocaron Drenos para encauzar el agua donde no obstaculice los demás trabajos

El Frente 02 Portal de Salida, se desarrolló desde Enero 2012 hasta Junio 2012.

Cuadro 3.9 Excavación de Bóveda Frente 02 – Ratio m/voladura

Tipo de Roca	Cantidad Voladuras Día	Cantidad Voladuras noche	Longitud de Avance Día (m)	Longitud de Avance Noche (m)	Longitud Total de Avance (m)	Ratio Promedio de Avance diario por Tipo de Roca (m/Voladura)
II	6	7	21.00	24.55	45.55	3.50
III	17	10	47.20	31.5	78.70	2.96
IV	25	26	68.75	67.2	135.95	2.67
V	25	31	41.70	45.4	87.10	1.57
Roca Predominante	Total Voladuras Día	Total Voladuras noche	Longitud Avance día Total (m)	Longitud Avance noche Total (m)	Longitud Total de Avance (m)	Ratio Promedio (m/Voladura)
IV	73	74	178.65	168.65	347.30	5.14

El frente 02, se excava después de tres meses de iniciada la excavación, ello implica mayor conocimiento de la actividad y adaptabilidad de los trabajadores, quienes desarrollaban sus labores de manera más eficiente.

Aunque para la Excavación del túnel siempre se trabajó en dos turnos de trabajo (día y noche) en este periodo, hubo efectividad en el trabajo por la competitividad desarrollada por los responsables, se implementaron bonificaciones por el cumplimiento de metas mensuales, pues había que lograr uno de los Hitos de Obra: el Desvío del Río Huallaga.

Es así, que comparando los ratios del Frente 02 con la tabla 3.4 ratios de Ingeniería básica, obtenemos que para Roca tipo II alcanzamos 6.51 m/día contra un previsto de 4.01 m/día, para Roca tipo III 4.63 m/día contra un previsto de 3.42 m/día, para Roca tipo IV 3.24m/día contra un previsto de 1.07 m/día y para Roca tipo V obtuvimos 1.36 m/día contra un previsto de 0.84 m/día.

A pesar de la presencia de 87.1 m de Roca Tipo V, la Productividad, medida en términos de m/día resultó favorable.

Cuadro 3.10 Excavación de Bóveda Frente 02 – Ratio m/día

Longitud (m)	Tipo de Roca	Porcentaje por Tipo de Roca (%)	Cantidad de Días	Ratio Promedio de Avance diario por Tipo de Roca (m/día)
45.55	II	13%	7	6.51
78.70	III	23%	17	4.63
135.95	IV	39%	42	3.24
87.10	V	25%	64	1.36
Longitud Total	Roca Predominante	Porcentaje Total	Total de Días Laborados	Ratio Promedio (m/día)
347.30	IV	100%	130.00	2.67

Comparando nuevamente con la tabla 3.4 la observación más resaltante, es que los porcentajes previstos por tipo de roca variaron, es decir, no se cumplió la presencia de los tipos de roca indicados, con los cuales se desarrollaron las previsiones de tiempo y costo. El caso de la Roca Tipo V, por ejemplo, no cumplió su presencia de 2.9% en ningún frente, por el contrario, en toda la longitud del túnel se obtuvo un 10% no previsto, estas condiciones geológicas hicieron la variante en la productividad e incremento del costo.

Cuadro 3.11 Excavación de Bóveda Túnel de Desvío – Ratio m/día

Longitud (m)	Tipo de Roca	Porcentaje por Tipo de Roca (%)	Cantidad de Días	Ratio Promedio de Avance diario por Tipo de Roca (m/día)
261.85	II	24%	52	5.04
464.70	III	42%	84	5.53
278.85	IV	25%	92	3.03
105.80	V	10%	79	1.34
Longitud Total	Roca Predominante	Porcentaje Total	Total de Días Laborados	Ratio Promedio (m/día)
1,111.20	III	100%	307.00	3.62

DETERMINACIÓN DE TIPO DE TRABAJO DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

Se recopilaron los datos de los tres equipos más utilizados dentro de la Excavación del Túnel de desvío, se hizo el levantamiento de tiempos utilizados en el Proceso productivo, identificando las actividades Productivas, Contributivas, y No Contributivas (llamadas estas como, esperas y paradas)

Cuadro 3.12 Equipo de Perforación

EQUIPO	REFERENCIA	LISTADO DE OPERACIONES	CLASIFICACIÓN
Jumbo	U1	Maniobra para Ingresar al Túnel	Contributiva
	U2	Maniobra para Salir del Túnel	Contributiva
	U3	Perfora	Productiva
	U4	Maniobra para Perforar	Productiva
	U5	Espera de Instrucciones	Espera
	U6	Falta de operador	Parada
	U7	Abastecimiento de Combustible	Parada
	U8	Mantenimiento	Parada
	U9	Inoperativo	Parada

Se utilizó el Jumbo Electro Hidráulico de 2 Brazos (DT820 - E2C) que está compuesto por un conjunto de martillos perforadores montados sobre brazos articulados de accionamiento hidráulico para la ejecución de los trabajos de perforación por el frente.

Este equipo se emplea para practicar agujeros para introducir la carga de explosivos para excavar un túnel, posee un sistema operativo computarizado, con sus mandos a través de un ordenador.

Cuadro 3.13 Equipo de Movimiento de Tierras

EQUIPO	REFERENCIA	LISTADO DE OPERACIONES	CLASIFICACIÓN
Cargadores Frontales	T1	Homogeniza el material	Contributiva
	T2	Transporte del material	Contributiva
	T3	Entra a cargar	Contributiva
	T4	Recoge el material	Productiva
	T5	Retrocede con material	Productiva
	T6	Descarga de material	Productiva
	T7	Retrocede sin material	Productiva
	T8	Parado por Lluvia	Parada
	T9	Falta de operador	Parada
	T10	Abastecimiento de Combustible	Parada
	T11	Mantenimiento	Parada
	T12	Inoperativo	Parada
	T13	Espera de Volquete	Espera

Cuadro 3.14 Equipo de Movimiento de Tierras - Transporte

EQUIPO	REFERENCIA	LISTADO DE OPERACIONES	CLASIFICACIÓN
Volquetes Dámper	N	Maniobra del volquete	Contributiva
	O	Espera de carguío	Productiva
	P	Sale con carga	Productiva
	Q	Espera (en cola)	Espera
	R1	Parado por Lluvia	Parada
	R2	Por Falta de Operador	Parada
	R3	Abastecimiento de Combustible	Parada
	R4	Inoperativo	Parada
	R5	Por Mantenimiento	Parada
	S	Descarga de Material	Productiva

LEVANTAMIENTO DE TIEMPOS – TRES ULTIMOS MESES DE EXCAVACIÓN

De acuerdo a las tablas 3.12, 3.13 y 3.14, se realizó el registro de muestras diarias de los tres equipos mencionados: Jumbo, Cargador Frontal y Volquetes, las tablas presentan los formatos y resúmenes obtenidos del procesamiento de datos.

Se evaluaron los datos de los tres últimos meses de Excavación, Mayo, Junio y Julio, de cada mes se eligió 1 frente representativo de la Excavación de Bóveda, a excepción de Julio, donde solo se trabajó en Banco.

Como patrón de trabajo Contributorio, se tuvo en cuenta que este debería alcanzar un porcentaje óptimo de 60% del tiempo, previsto en el Proyecto Básico.

EXCAVACIÓN MAYO 2012

Cuadro 3.14 Excavación de Bóveda Frente 01 Aguas abajo Turno Noche

Área Bóveda:	83.23 m2	Clase II		Clase III		Clase IV		Clase Va		Total (m3)
Fecha	Tipo de Excavación	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	
26/04/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	
27/04/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	
28/04/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	
29/04/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	
30/04/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	
01/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	
02/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	
04/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	
05/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	
06/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	

Cuadro 3.14 Excavación de Bóveda Frente 01 Aguas abajo Turno Noche

Área Bóveda:	83.23 m2	Clase II		Clase III		Clase IV		Clase Va		Total (m3)
Fecha	Tipo de Excavación	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	
07/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/05/2012	Bóveda	-	-	2.50	208.09	-	-	-	-	208.09
17/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18/05/2012	Bóveda	-	-	2.80	233.06	-	-	-	-	233.06
19/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/05/2012	Bóveda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resumen Mensual	Bóveda	-	-	5.30	441.14	-	-	-	-	441.14

Cuadro 3.15 Registro de Muestreo de Jumbo – Parte 1

Actividad:	Perforación en Túnel de Desvío	Fecha:	26/04/12				27/04/12			
Tipo de Roca										
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:	08:00	1:15	15:20	1:10	08:00	1:15	15:20	1:10
Equipo	Jumbo	Fin:	09:15		16:30		09:15		16:30	
Operador										
Condiciones Varias										
REGISTRO DE OPERACIONES			REGISTRO DEL MUESTREO				REGISTRO DEL MUESTREO			
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 1		Muestreo 2	
			Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo
Maniobra para Ingresar al Tunel	U1	Contributiva	30	22.39%	35	28.46%	30	22.39%	35	28.46%
Maniobra para Salir del Tunel	U2	Contributiva	25	18.66%	30	24.39%	25	18.66%	30	24.39%
Perfora	U3	Productiva	34	25.37%	30	24.39%	34	25.37%	30	24.39%
Maniobra para Perforar	U4	Productiva	35	26.12%	20	16.26%	35	26.12%	20	16.26%
Espera de Instrucciones	U5	Espera	10	7.46%	8	6.50%	10	7.46%	8	6.50%
Falta de operador	U6	Parada								
Abastecimiento de Combustible	U7	Parada								
Mantenimiento	U8	Parada								
Inoperativo	U9	Parada								
TOTALES			134	100.00%	123	100.00%	134	100.00%	123	100.00%

Cuadro 3.16 Registro de Muestreo de Jumbo – Parte 2

Actividad:	Perforación en Túnel de Desvío	Fecha:				
Tipo de Roca						
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:				
Equipo	Jumbo	Fin:				
Operador						
Condiciones Varias						
REGISTRO DE OPERACIONES						
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Promedio Tipo de Roca II	Promedio Tipo de Roca III	Promedio Tipo de Roca IV	Promedio Tipo de Roca Va
Maniobra para Ingresar al Túnel	U1	Contributiva		25.42%		
Maniobra para Salir del Túnel	U2	Contributiva		21.52%		
Perfora	U3	Productiva		24.88%		
Maniobra para Perforar	U4	Productiva		21.19%		
Espera de Instrucciones	U5	Espera		6.98%		
Falta de operador	U6	Parada				
Abastecimiento de Combustible	U7	Parada				
Mantenimiento	U8	Parada				
Inoperativo	U9	Parada				
TOTALES				100.00%		

Cuadro 3.17 Control de Tiempos del 26 de Abril al 25 de Mayo del 2012

Clasificación de Operación	Jumbo Tipo de Roca II	Jumbo Tipo de Roca III	Jumbo Tipo de Roca IV	Jumbo Tipo de Roca Va
Productiva	0.00%	46.07%	0.00%	0.00%
Contributoria	0.00%	46.95%	0.00%	0.00%
No Contributorio	0.00%	6.98%	0.00%	0.00%
Totales	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%

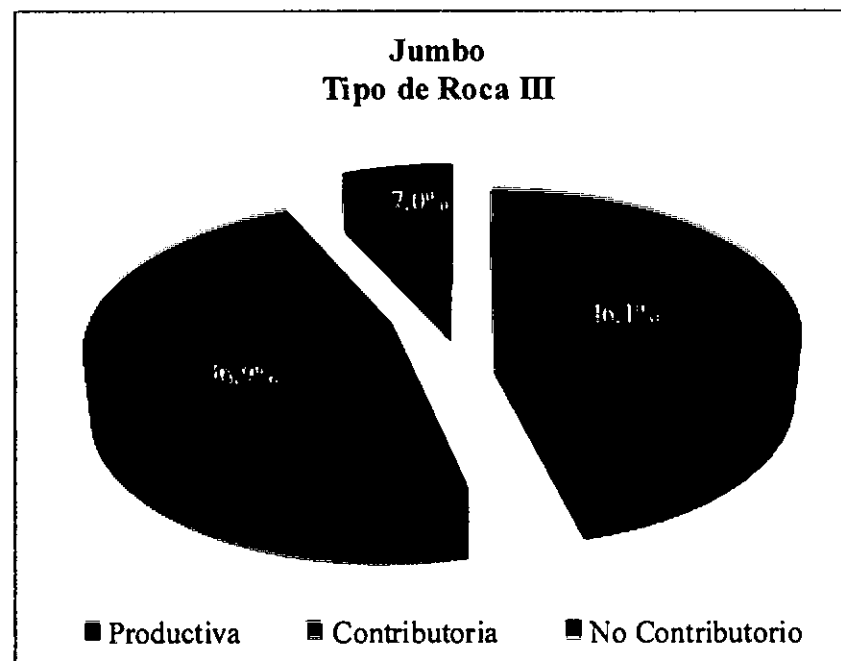


Imagen 3.3. Tipos de Trabajos – Jumbo

Cuadro 3.18 Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 1

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:	26/04/12				27/04/12			
Tipo de Roca										
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:	08:00	1:15	15:20	1:10	08:00	1:15	15:20	1:10
Equipo	Cargador frontal	Fin:	09:15		16:30		09:15		16:30	
REGISTRO DE OPERACIONES			REGISTRO DEL MUESTREO				REGISTRO DEL MUESTREO			
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 1		Muestreo 2	
			Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo
Homegeniza el material	T1	Contributiva	36	19.05%	30	20.55%	36	19.05%	30	20.55%
Transporte del material	T2	Contributiva	38	20.11%	28	19.18%	38	20.11%	28	19.18%
Entra a cargar	T3	Contributiva	34	17.99%	16	10.96%	34	17.99%	16	10.96%
Recoge el material	T4	Productiva	15	7.94%	24	16.44%	15	7.94%	24	16.44%
Retrocede con material	T5	Productiva	12	6.35%	12	8.22%	12	6.35%	12	8.22%
Descarga de material	T6	Productiva	16	8.47%	11	7.53%	16	8.47%	11	7.53%
Retrocede sin material	T7	Productiva	18	9.52%	10	6.85%	18	9.52%	10	6.85%
Parado por Lluvia	T8	Parada								
Falta de operador	T9	Parada								
Abastecimiento de Combustible	T10	Parada								
Mantenimiento	T11	Parada								
Inoperativo	T12	Parada								
Espera de Volquete	T13	Espera	20	10.58%	15	10.27%	20	10.58%	15	10.27%
TOTALES			189	100.00%	146	100.00%	189	100.00%	146	100.00%

Cuadro 3.19 Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 2

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:				
Tipo de Roca						
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:				
Equipo	Cargador frontal	Fin:				
REGISTRO DE OPERACIONES						
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Promedio Tipo de Roca II	Promedio Tipo de Roca III	Promedio Tipo de Roca IV	Promedio Tipo de Roca Va
Homogeniza el material	T1	Contributiva		19.80%		
Transporte del material	T2	Contributiva		19.64%		
Entra a cargar	T3	Contributiva		14.47%		
Recoge el material	T4	Productiva		12.19%		
Retrocede con material	T5	Productiva		7.28%		
Descarga de material	T6	Productiva		8.00%		
Retrocede sin material	T7	Productiva		8.19%		
Parado por Lluvia	T8	Parada				
Falta de operador	T9	Parada				
Abastecimiento de Combustible	T10	Parada				
Mantenimiento	T11	Parada				
Inoperativo	T12	Parada				
Espera de Volquete	T13	Espera		10.43%		
TOTALES				100.00%		

Cuadro 3.20 Control de Tiempos del 26 de Abril al 25 de Mayo del 2012

Clasificación de Operación	Cargador Frontal Tipo de Roca II	Cargador Frontal Tipo de Roca III	Cargador Frontal Tipo de Roca IV	Cargador Frontal Tipo de Roca Va
Productiva	0.00%	35.66%	0.00%	0.00%
Contributoria	0.00%	53.91%	0.00%	0.00%
No Contributorio	0.00%	10.43%	0.00%	0.00%
Totales	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%

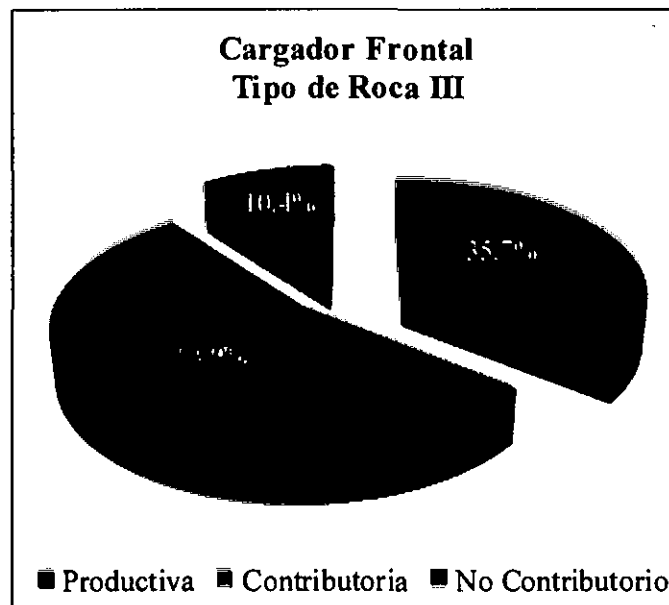


Imagen 3.4. Tipos de Trabajos – Cargador Frontal

Cuadro 3.21 Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 1

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:	26/04/12				27/04/12			
Tipo de Roca										
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:	08:00	1:15	15:20	1:10	08:00	1:15	15:20	1:10
Equipo	Camiones Volquetes	Fin:	09:15		16:30		09:15		16:30	
Operadores y Códigos Varios										
Condiciones Varias										
REGISTRO DE OPERACIONES			REGISTRO DEL MUESTREO				REGISTRO DEL MUESTREO			
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 1		Muestreo 2	
			Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo
Maniobra del volquete	N	Contributiva	35	33.02%	35	29.66%	35	33.02%	35	29.66%
Espera de carguío	P	Productiva	30	28.30%	48	40.68%	30	28.30%	48	40.68%
Salir con carga	O	Productiva	25	23.58%	20	16.95%	25	23.58%	20	16.95%
Espera (en cola)	Q	Espera	16	15.09%	15	12.71%	16	15.09%	15	12.71%
Parado por Lluvia	R1	Parada								
X Falta de Operador	R2	Parada								
Abastecimiento de Combustible	R3	Parada								
Inoperativo	R4	Parada								
X Mantenimiento	R5	Parada								
TOTALES			106	100.00%	118	100.00%	106	100.00%	118	100.00%

Cuadro 3.22 Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 2

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:					
Tipo de Roca							
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:					
Equipo	Camiones Volquetes	Fin:					
Operadores y Códigos Varios							
Condiciones Varias			RESULTADOS DE MUESTREO				
REGISTRO DE OPERACIONES							
Descripción de Operaciones		Referencia	Tipo de Operación	Promedio Tipo de Roca II	Promedio Tipo de Roca III	Promedio Tipo de Roca IV	Promedio Tipo de Roca Va
Maniobra del volquete		N	Contributiva		31.34%		
Espera de carguío		P	Productiva		34.49%		
Sale con carga		O	Productiva		20.27%		
Espera (en cola)		Q	Espera		13.90%		
Parado por Lluvia		R1	Parada				
X Falta de Operador		R2	Parada				
Abastecimiento de Combustible		R3	Parada				
Inoperativo		R4	Parada				
X Mantenimiento		R5	Parada				
TOTALES					100.00%		

Cuadro 3.23 Control de Tiempos del 26 de Abril al 25 de Mayo del 2012

Clasificación de Operación	Camiones Volquetes Tipo de Roca II	Camiones Volquetes Tipo de Roca III	Camiones Volquetes Tipo de Roca IV	Camiones Volquetes Tipo de Roca Va
Productiva	0.00%	54.76%	0.00%	0.00%
Contributoria	0.00%	31.34%	0.00%	0.00%
No Contributorio	0.00%	13.90%	0.00%	0.00%
Totales	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%

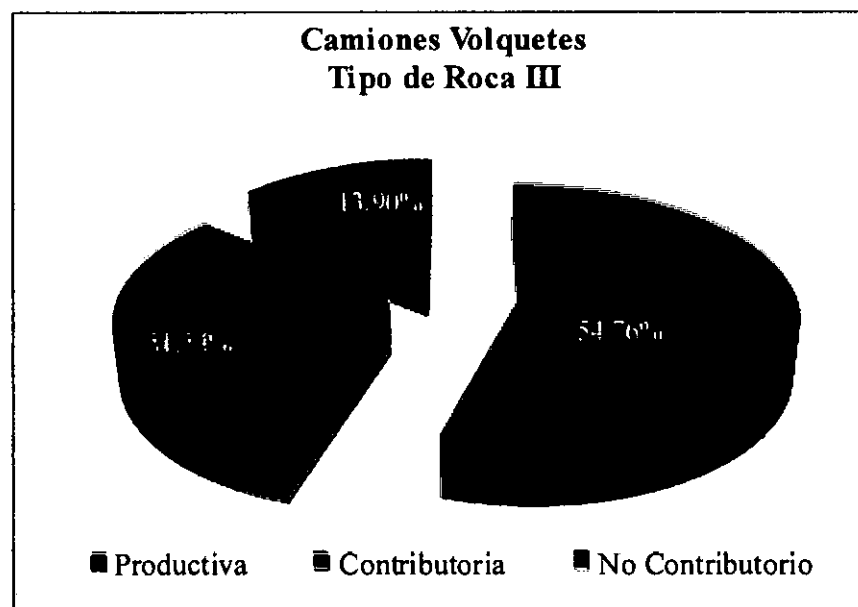


Imagen 3.5. Tipos de Trabajos – Camiones Volquetes

EXCAVACIÓN JUNIO 2012

Cuadro 3.24 Excavación de Bóveda Frente 02 Turno Noche

Área Bóveda:	83.23 m2	Clase II		Clase III		Clase IV		Clase Va		Total (m3)
Fecha	Tipo de Excavación	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	
	Bóveda	2.00	166.47		-		-		-	166.4
26/01/2012			166.47		-		-		-	166.4
	Bóveda		-	5.00	416.17		-		-	416.1
27/01/2012			-		416.17		-		-	416.1
	Bóveda		-	5.00	416.17		-		-	416.1
28/01/2012			-		416.17		-		-	416.1
	Bóveda		-	5.00	416.17		-		-	416.1
29/01/2012			-		416.17		-		-	416.1
	Bóveda		-	2.00	166.47		-		-	166.4
30/01/2012			-		166.47		-		-	166.4
	Bóveda		-		-		-		-	
31/01/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-	2.00	166.47		-	166.4
01/02/2012			-		-		166.47		-	166.4
	Bóveda		-		-		-		-	
02/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-	2.00	166.47	166.4
03/02/2012			-		-		-		166.47	166.4
	Bóveda		-		-		-		-	
04/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
05/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
06/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
07/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
08/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
09/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
10/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
11/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
12/02/2012			-		-		-		-	

Cuadro 3.24 Excavación de Bóveda Frente 02 Turno Noche

Área Bóveda:	83.23 m2	Clase II		Clase III		Clase IV		Clase Va		Total (m3)
Fecha	Tipo de Excavación	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	
	Bóveda		-		-		-		-	
13/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
14/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
15/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
16/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
17/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
18/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
19/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
20/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
21/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-		-		-	
22/02/2012			-		-		-		-	
	Bóveda		-		-	2.00	166.47		-	166.4
23/02/2012			-		-		166.47		-	166.4
	Bóveda		-		-		-	5.00	416.17	416.1
24/02/2012			-		-		-		416.17	416.1
	Bóveda		-		-		-		-	
25/02/2012			-		-		-		-	
Resumen mensual	Bóveda	2.00	166.47	17.00	1,414.98	4.00	332.94	7.00	582.64	2,497.0

En el periodo de Excavación de Junio, el Frente 02, que se excava desde el Portal de Salida, tuvo presencia variable de roca, desde tipo II hasta Tipo V.

Cuadro 3.25 Registro de Muestreo de Jumbo – Parte 1

Actividad:	Perforación en Túnel de Desvío	Fecha:	26/05/12				27/05/12			
Tipo de Roca			II				III			
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:	08:00	1:15	15:20	1:10	08:00	1:15	15:20	1:10
Equipo	Jumbo	Fin:	09:15		16:30		09:15		16:30	
Operador										
Condiciones Varias										
REGISTRO DE OPERACIONES			REGISTRO DEL MUESTREO				REGISTRO DEL MUESTREO			
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 1		Muestreo 2	
			Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo
Maniobra para Ingresar al Tunel	U1	Contributiva	30	22.39%	35	28.46%	30	22.39%	35	28.46%
Maniobra para Salir del Tunel	U2	Contributiva	25	18.66%	30	24.39%	25	18.66%	30	24.39%
Perfora	U3	Productiva	34	25.37%	30	24.39%	34	25.37%	30	24.39%
Maniobra para Perforar	U4	Productiva	35	26.12%	20	16.26%	35	26.12%	20	16.26%
Espera de Instrucciones	U5	Espera	10	7.46%	8	6.50%	10	7.46%	8	6.50%
Falta de operador	U6	Parada								
Abastecimiento de Combustible	U7	Parada								
Mantenimiento	U8	Parada								
Inoperativo	U9	Parada								
TOTALES			134	100.00%	123	100.00%	134	100.00%	123	100.00%

Cuadro 3.26 Registro de Muestreo de Jumbo – Parte 2

Actividad:	Perforación en Túnel de Desvío	Fecha:				
Tipo de Roca						
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:				
Equipo	Jumbo	Fin:				
Operador						
Condiciones Varias						
REGISTRO DE OPERACIONES						
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Promedio Tipo de Roca II	Promedio Tipo de Roca III	Promedio Tipo de Roca IV	Promedio Tipo de Roca Va
Maniobra para Ingresar al Tunel	U1	Contributiva	25.42%	25.42%	25.42%	25.42%
Maniobra para Salir del Tunel	U2	Contributiva	21.52%	21.52%	21.52%	21.52%
Perfora	U3	Productiva	24.88%	24.88%	24.88%	24.88%
Maniobra para Perforar	U4	Productiva	21.19%	21.19%	21.19%	21.19%
Espera de Instrucciones	U5	Espera	6.98%	6.98%	6.98%	6.98%
Falta de operador	U6	Parada				
Abastecimiento de Combustible	U7	Parada				
Mantenimiento	U8	Parada				
Inoperativo	U9	Parada				
TOTALES			100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Cuadro 3.27 Control de Tiempos del 26 de Mayo al 25 de Junio del 2012

Clasificación de Operación	Jumbo Tipo de Roca II	Jumbo Tipo de Roca III	Jumbo Tipo de Roca IV	Jumbo Tipo de Roca Va
Productiva	46.07%	46.07%	46.07%	46.07%
Contributoria	46.95%	46.95%	46.95%	46.95%
No Contributorio	6.98%	6.98%	6.98%	6.98%
Totales	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

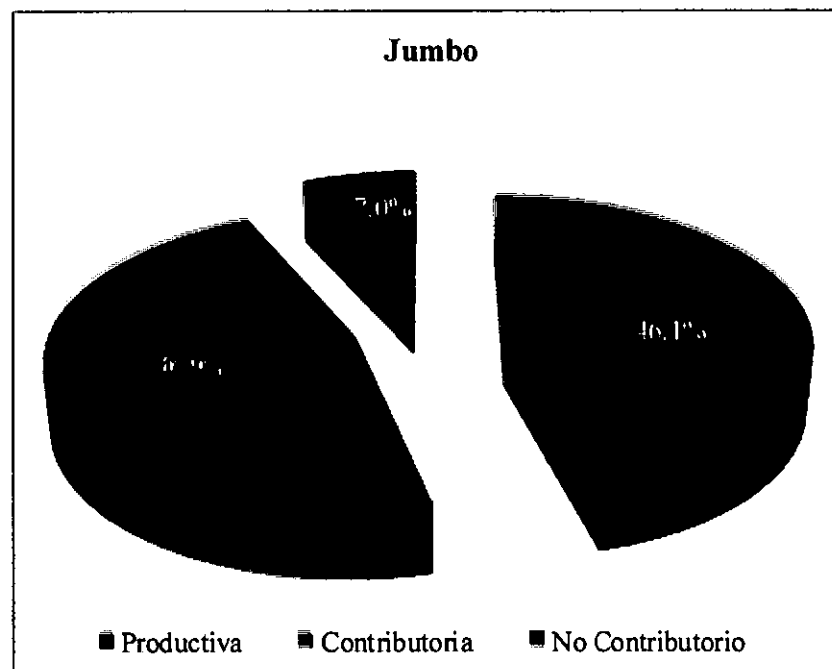


Imagen 3.6. Tipos de Trabajos – Jumbo

Cuadro 3.28 Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 1

Actividad:		Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:	26/05/12				27/05/12			
Tipo de Roca				II				III			
Frente	Túnel de Desvío		Inicio:	08:00	1:15	15:20	1:10	08:00	1:15	15:20	1:10
Equipo	Cargador frontal		Fin:	09:15		16:30		09:15		16:30	
REGISTRO DE OPERACIONES				REGISTRO DEL MUESTREO				REGISTRO DEL MUESTREO			
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 1		Muestreo 2		
			Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	
Homegeniza el material	T1	Contributiva	36	19.05%	30	20.55%	36	19.05%	30	20.55%	
Transporte del material	T2	Contributiva	38	20.11%	28	19.18%	38	20.11%	28	19.18%	
Entra a cargar	T3	Contributiva	34	17.99%	16	10.96%	34	17.99%	16	10.96%	
Recoge el material	T4	Productiva	15	7.94%	24	16.44%	15	7.94%	24	16.44%	
Retrocede con material	T5	Productiva	12	6.35%	12	8.22%	12	6.35%	12	8.22%	
Descarga de material	T6	Productiva	16	8.47%	11	7.53%	16	8.47%	11	7.53%	
Retrocede sin material	T7	Productiva	18	9.52%	10	6.85%	18	9.52%	10	6.85%	
Parado por Lluvia	T8	Parada									
Falta de operador	T9	Parada									
Abastecimiento de Combustible	T10	Parada									
Mantenimiento	T11	Parada									
Inoperativo	T12	Parada									
Espera de Volquete	T13	Espera	20	10.58%	15	10.27%	20	10.58%	15	10.27%	
TOTALES											
			189	100.00%	146	100.00%	189	100.00%	146	100.00%	

Cuadro 3.29 Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 2

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:				
Tipo de Roca						
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:				
Equipo	Cargador frontal	Fin:				
REGISTRO DE OPERACIONES						
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Promedio Tipo de Roca II	Promedio Tipo de Roca III	Promedio Tipo de Roca IV	Promedio Tipo de Roca Va
Homogeniza el material	T1	Contributiva	19.80%	19.80%	19.80%	19.80%
Transporte del material	T2	Contributiva	19.64%	19.64%	19.64%	19.64%
Entra a cargar	T3	Contributiva	14.47%	14.47%	14.47%	14.47%
Recoge el material	T4	Productiva	12.19%	12.19%	12.19%	12.19%
Retrocede con material	T5	Productiva	7.28%	7.28%	7.28%	7.28%
Descarga de material	T6	Productiva	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
Retrocede sin material	T7	Productiva	8.19%	8.19%	8.19%	8.19%
Parado por Lluvia	T8	Parada				
Falta de operador	T9	Parada				
Abastecimiento de Combustible	T10	Parada				
Mantenimiento	T11	Parada				
Inoperativo	T12	Parada				
Espera de Volquete	T13	Espera	10.43%	10.43%	10.43%	10.43%
TOTALES			100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Cuadro 3.30 Control de Tiempos del 26 de Mayo al 25 de Junio del 2012

Clasificación de Operación	Cargador Frontal Tipo de Roca II	Cargador Frontal Tipo de Roca III	Cargador Frontal Tipo de Roca IV	Cargador Frontal Tipo de Roca Va
Productiva	35.66%	35.66%	35.66%	35.66%
Contributoria	53.91%	53.91%	53.91%	53.91%
No Contributorio	10.43%	10.43%	10.43%	10.43%
Totales	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

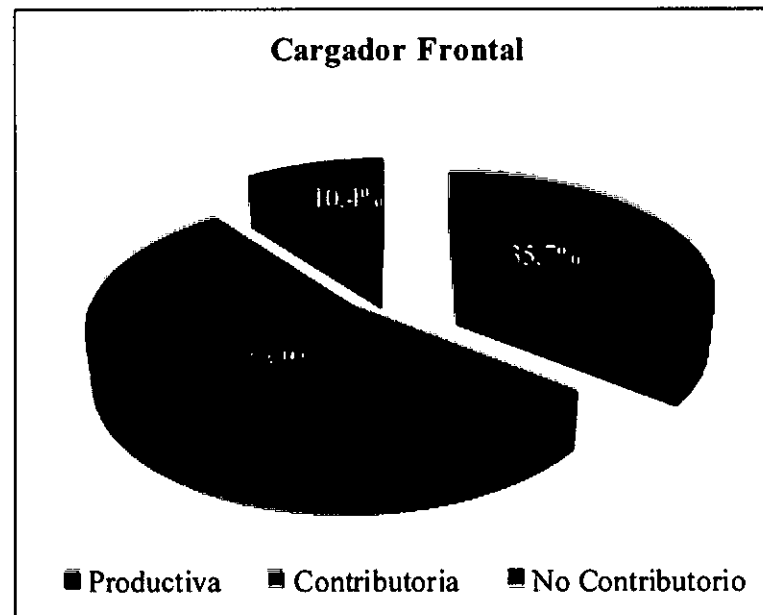


Imagen 3.7. Tipos de Trabajos – Cargador Frontal

Cuadro 3.31 Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 1

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:	26/05/12				27/05/12			
Tipo de Roca			II				III			
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:	08:00	1:15	15:20	1:10	08:00	1:15	15:20	1:10
Equipo	Camiones Volquetes	Fin:	09:15		16:30		09:15		16:30	
Operadores y Códigos Varios										
Condiciones Varias										
REGISTRO DE OPERACIONES			REGISTRO DEL MUESTREO				REGISTRO DEL MUESTREO			
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 1		Muestreo 2	
			Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo
Maniobra del volquete	N	Contributiva	35	33.02%	35	29.66%	35	33.02%	35	29.66%
Espera de carguio	P	Productiva	30	28.30%	48	40.68%	30	28.30%	48	40.68%
Salé con carga	O	Productiva	25	23.58%	20	16.95%	25	23.58%	20	16.95%
Espera (en cola)	Q	Espera	16	15.09%	15	12.71%	16	15.09%	15	12.71%
Parado por Lluvia	R1	Parada								
X Falta de Operador	R2	Parada								
Abastecimiento de Combustible	R3	Parada								
Inoperativo	R4	Parada								
X Mantenimiento	R5	Parada								
TOTALES			106	100.00%	118	100.00%	106	100.00%	118	100.00%

Cuadro 3.32 Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 2

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:				
Tipo de Roca						
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:				
Equipo	Camiones Volquetes	Fin:				
Operadores y Códigos Varios						
Condiciones Varias						
REGISTRO DE OPERACIONES						
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Promedio Tipo de Roca II	Promedio Tipo de Roca III	Promedio Tipo de Roca IV	Promedio Tipo de Roca Va
Maniobra del volquete	N	Contributiva	31.34%	31.34%	31.34%	31.34%
Espera de carguio	P	Productiva	34.49%	34.49%	34.49%	34.49%
Sale con carga	O	Productiva	20.27%	20.27%	20.27%	20.27%
Espera (en cola)	Q	Espera	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%
Parado por Lluvia	R1	Parada				
X Falta de Operador	R2	Parada				
Abastecimiento de Combustible	R3	Parada				
Inoperativo	R4	Parada				
X Mantenimiento	R5	Parada				
TOTALES			100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Cuadro 3.33 Control de Tiempos del 26 de Mayo al 25 de Junio del 2012

Clasificación de Operación	Camiones Volquetes Tipo de Roca II	Camiones Volquetes Tipo de Roca III	Camiones Volquetes Tipo de Roca IV	Camiones Volquetes Tipo de Roca Va
Productiva	54.76%	54.76%	54.76%	54.76%
Contributoria	31.34%	31.34%	31.34%	31.34%
No Contributorio	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%
TOTALES	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

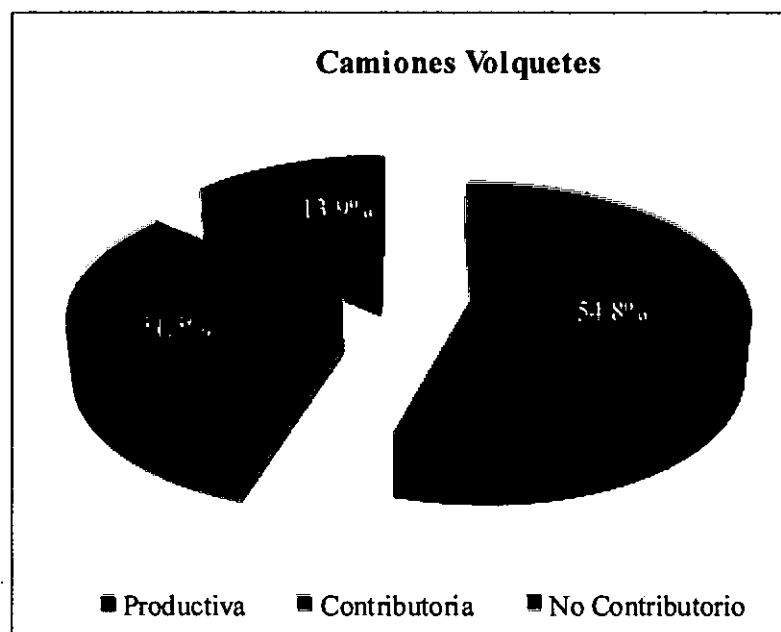


Imagen 3.8. Tipos de Trabajos – Camiones Volquetes

EXCAVACIÓN JULIO 2012

Cuadro 3.34 Excavación de Bóveda Frente 02 Turno Noche

Área Banco:	28.13 m2	Clase II		Clase III		Clase IV		Clase Va		Total
Fecha	Tipo de Excavación	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	(m3)
	Banqueo 2	10.00	281.25	-	-	-	-	-	-	281.
26/06/2012			281.25		-		-		-	281.
	Banqueo 2	5.00	140.63	-	-	-	-	-	-	140.
27/06/2012			140.63		-		-		-	140.
	Banqueo 2	-	-	2.50	70.31	-	-	-	-	70.
28/06/2012			-		70.31		-		-	70.
	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
29/06/2012			-		-		-		-	
	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
30/06/2012			-		-		-		-	
	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
01/07/2012			-		-		-		-	
	Banqueo 2	3.00	84.38	-	-	3.00	84.38	-	-	168.
02/07/2012			84.38		-		84.38		-	168.
	Banqueo 2	-	-	3.50	98.44	-	-	-	-	98.
03/07/2012			-		98.44		-		-	98.
	Banqueo 2	-	-	4.00	112.50	-	-	-	-	112.
04/07/2012			-		112.50		-		-	112.
	Banqueo 2	-	-	-	-	2.50	70.31	-	-	70.
05/07/2012			-		-		70.31		-	70.
	Banqueo 2	-	-	-	-	2.00	56.25	-	-	56.
06/07/2012			-		-		56.25		-	56.
	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	1.20	33.75	33.
07/07/2012			-		-		-		33.75	33.
	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
08/07/2012			-		-		-		-	
	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	2.50	70.31	70.
09/07/2012			-		-		-		70.31	70.
	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	2.00	56.25	56.
10/07/2012			-		-		-		56.25	56.
	Banqueo 2	-	-	-	-	14.00	393.75	-	-	393.
11/07/2012			-		-		393.75		-	393.
	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
12/07/2012			-		-		-		-	
	Banqueo 2	-	-	10.00	281.25	-	-	-	-	281.
13/07/2012			-		281.25		-		-	281.

Cuadro 3.34 Excavación de Bóveda Frente 02 Turno Noche

Área Banco:	28.13 m2	Clase II		Clase III		Clase IV		Clase Va		Total (m3)
Fecha	Tipo de Excavación	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	Avance (m)	Vol (m3)	
14/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
15/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
16/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
17/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
18/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
19/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
20/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
21/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
22/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
23/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
24/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
25/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/07/2012	Banqueo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	
Resumen mensual	Banqueo 2	18.00	506.25	20.00	562.50	21.50	604.69	5.70	160.31	1,833.7

La excavación del banco no se ejecutó con equipo Jumbo, sino con equipo Track Drill, es por ello que los datos de Muestreo de tiempos no figuran esta vez para el Jumbo.

Cuadro 3.35 Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 1

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío		Fecha:		10/07/12				11/07/12			
Tipo de Roca			Va				IV					
Frente	Túnel de Desvío		Inicio:	08:00	1:00			07:30	1:00			
Equipo	Cargador frontal		Fin:	09:00				08:30				
REGISTRO DE OPERACIONES			REGISTRO DEL MUESTREO				REGISTRO DEL MUESTREO					
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 1		Muestreo 2			
			Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo		
Homegeniza el material	T1	Contributiva	12	11.76%			9	8.82%				
Transporte del material	T2	Contributiva	19	18.63%			11	10.78%				
Entra a cargar	T3	Contributiva	15	14.71%			22	21.57%				
Recoge el material	T4	Productiva	35	34.31%			15	14.71%				
Retrocede con material	T5	Productiva	9	8.82%			12	11.76%				
Descarga de material	T6	Productiva	10	9.80%			15	14.71%				
Retrocede sin material	T7	Productiva	2	1.96%								
Parado por Lluvia	T8	Parada										
Falta de operador	T9	Parada										
Abastecimiento de Combustible	T10	Parada										
Mantenimiento	T11	Parada										
Inoperativo	T12	Parada										
Espera de Volquete	T13	Espera					18	17.65%				
TOTALES			102	100.00%			102	100.00%				

Cuadro 3.36 Registro de Muestreo de Cargador Frontal – Parte 2

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:				
Tipo de Roca						
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:				
Equipo	Cargador frontal	Fin:				
REGISTRO DE OPERACIONES						
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Promedio Tipo de Roca II	Promedio Tipo de Roca III	Promedio Tipo de Roca IV	Promedio Tipo de Roca Va
Homogeniza el material	T1	Contributiva		9.80%	18.72%	11.76%
Transporte del material	T2	Contributiva		20.59%	11.97%	18.63%
Entra a cargar	T3	Contributiva		14.71%	14.57%	14.71%
Recoge el material	T4	Productiva		31.37%	32.68%	34.31%
Retrocede con material	T5	Productiva		13.73%	5.88%	8.82%
Descarga de material	T6	Productiva		5.88%	7.35%	9.80%
Retrocede sin material	T7	Productiva				1.96%
Parado por Lluvia	T8	Parada				
Falta de operador	T9	Parada				
Abastecimiento de Combustible	T10	Parada				
Mantenimiento	T11	Parada				
Inoperativo	T12	Parada				
Espera de Volquete	T13	Espera		3.92%	8.82%	
TOTALES				100.00%	100.00%	100.00%

Cuadro 3.37 Control de Tiempos del 26 de Junio al 25 de Julio del 2012

Clasificación de Operación	Cargador Frontal Tipo de Roca II	Cargador Frontal Tipo de Roca III	Cargador Frontal Tipo de Roca IV	Cargador Frontal Tipo de Roca Va
Productiva	0.00%	50.98%	45.92%	54.90%
Contributoria	0.00%	45.10%	45.26%	45.10%
No Contributorio	0.00%	3.92%	8.82%	0.00%
Totales	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%

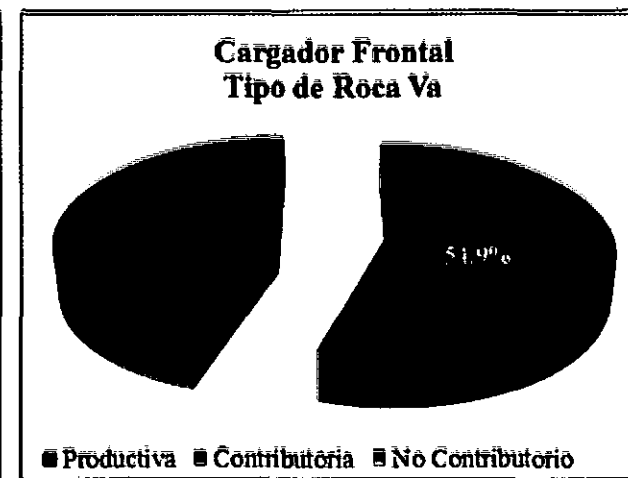
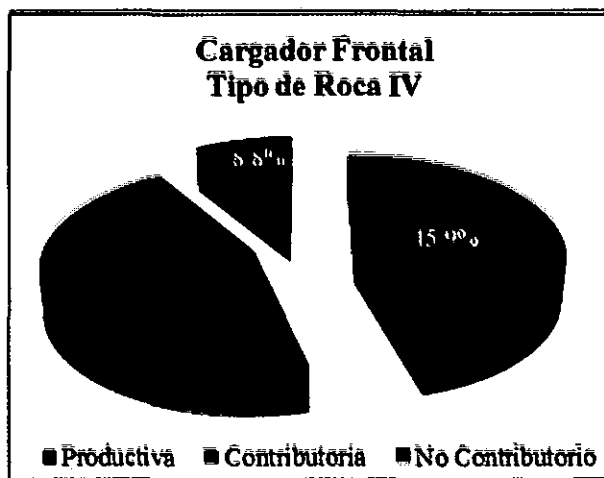
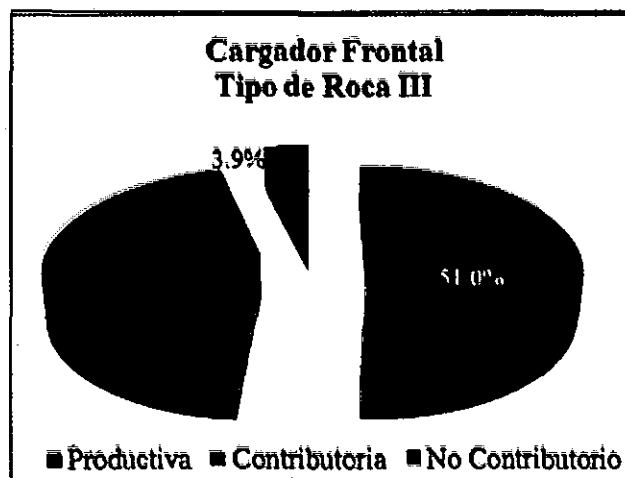


Imagen 3.9. Tipos de Trabajos – Cargador Frontal Roca

Cuadro 3.38 Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 1

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:	10/07/12				11/07/12			
Tipo de Roca			Va				IV			
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:	08:00	1:00			07:30	1:00		
Equipo	Camiones Volquetes	Fin:	09:00				08:30			
Operadores y Códigos Varios										
Condiciones Varias										
REGISTRO DE OPERACIONES										
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 1		Muestreo 2	
			Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo	Conteo /Tiempo	% de Tiempo
Maniobra del volquete	N	Contributiva	79	28.11%			61	32.45%		
Espera de carguío	P	Productiva	50	17.79%			53	28.19%		
Salé con carga	O	Productiva	41	14.59%			44	23.40%		
Espera (en cola)	Q	Espera	111	39.50%			30	15.96%		
Parado por Lluvia	R1	Parada								
X Falta de Operador	R2	Parada								
Abastecimiento de Combustible	R3	Parada								
Inoperativo	R4	Parada								
X Mantenimiento	R5	Parada								
TOTALES			281	100.00%			188	100.00%		

Cuadro 3.39 Registro de Muestreo de Camiones Volquetes – Parte 2

Actividad:	Eliminación Material en Túnel de Desvío	Fecha:				
Tipo de Roca						
Frente	Túnel de Desvío	Inicio:				
Equipo	Camiones Volquetes	Fin:				
Operadores y Códigos Varios						
Condiciones Varias						
REGISTRO DE OPERACIONES						
Descripción de Operaciones	Referencia	Tipo de Operación	Promedio Tipo de Roca II	Promedio Tipo de Roca III	Promedio Tipo de Roca IV	Promedio Tipo de Roca Va
Maniobra del volquete	N	Contributiva		30.39%	26.22%	28.11%
Espera de carguío	P	Productiva		26.47%	22.85%	17.79%
Sale con carga	O	Productiva		21.08%	21.70%	14.59%
Espera (en cola)	Q	Espera		22.06%	24.23%	39.50%
Parado por Lluvia	R1	Parada				
X Falta de Operador	R2	Parada				
Abastecimiento de Combustible	R3	Parada			5.00%	
Inoperativo	R4	Parada				
X Mantenimiento	R5	Parada				
TOTALES				100.00%	100.00%	100.00%

Cuadro 3.40 Control de Tiempos del 26 de Junio al 25 de Julio del 2012

Clasificación de Operación	Camiones Volquetes Tipo de Roca II	Camiones Volquetes Tipo de Roca III	Camiones Volquetes Tipo de Roca IV	Camiones Volquetes Tipo de Roca Va
Productiva	0.00%	47.55%	44.55%	32.38%
Contributoria	0.00%	30.39%	26.22%	28.11%
No Contributorio	0.00%	22.06%	29.23%	39.50%
Totales	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%

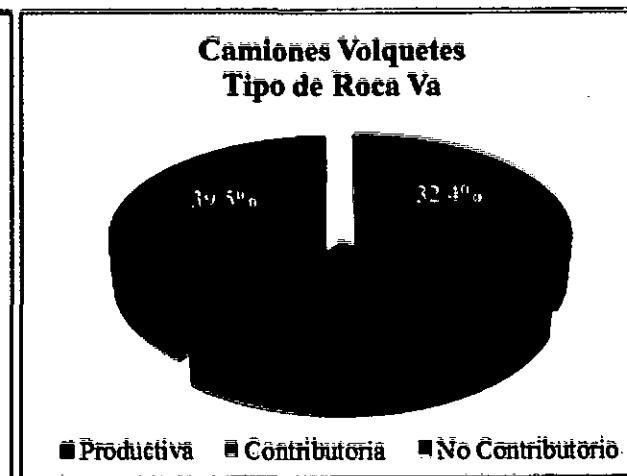
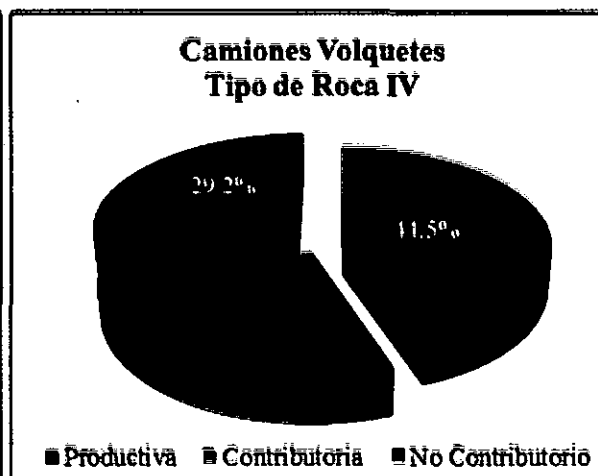
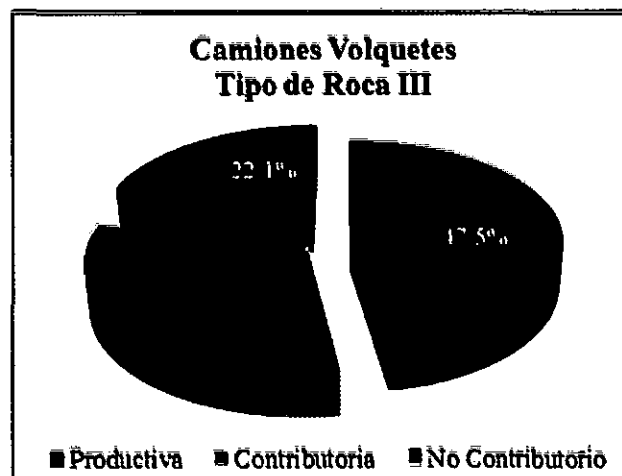


Imagen 3.10. Tipos de Trabajos – Camiones Volquetes

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Luego del procesamiento de datos, se obtuvieron las tablas presentadas y estos son los resultados a manera de Explicación.

Se analiza el comparativo de costos, los ratios de excavación y los tipos de trabajo para los equipos elegidos en los últimos tres meses de Excavación.

- El comparativo de costos arrojó que hay una diferencia de costos amplia entre lo previsto y lo ejecutado, puesto que, hubo un incremento de costos en casi todas las actividades, exceptuando la colocación de Drenos cortos, lo que quiere decir, que en el eje de excavación no hubo mayor presencia de fallas como se tuvo previsto, ahorrando en ello.
- El total de la excavación del Túnel de Desvío tuvo un incremento de \$3'323,796.35 pero en situación de plazo, llegamos a culminar la excavación con 68 días de anticipación.
- En el cuadro 3.3 muestra que de haber trabajado los 68 días de anticipación, con avance de 1m por día, sólo en mano de Obra y Equipos se hubiera gastado \$ 14'222,534.30, lo cual ahorramos; y en términos de Plazo y continuidad de Obra, sólo anticipando el desvío del Río en Agosto del 2012, íbamos a lograr el inicio del Relleno de la Presa, acorde al periodo de precipitación, que inicia en Octubre.
- El Frente 01 Aguas Arriba, presentó que pese a que la Roca predominante era la Tipo III, de condiciones medias, la Productividad con respecto a la Ingeniería Básica cayó considerablemente, de 3.42 m/día a 2.05 m/día, sin embargo, cabe resaltar, que durante la ejecución de este frente se ejecutó una sobreexcavación bastante amplia de manera obligatoria para la construcción de la Estructura de Control.

- El Frente 01 Aguas Abajo, se identificó presencia de roca Tipo V, de malas condiciones, esta roca, necesita un sostenimiento especial, con incorporación de cimbras metálicas cada metro, que funcionan como marco de la sección, para evitar la caída del techo de la excavación, además de malla electrosoldada y Concreto lanzado, Shotcrete, todo ello implica, mayor tiempo en el proceso de sostenimiento e incremento de costo. La Productividad es baja por condiciones geológicas.

- El Frente 02 comparado con la tabla 3.4 ratios de Ingeniería básica, obtenemos que para Roca tipo II alcanzamos 6.51 m/día contra un previsto de 4.01 m/día, para Roca tipo III 4.63 m/día contra un previsto de 3.42 m/día, para Roca tipo IV 3.24m/día contra un previsto de 1.07 m/día y para Roca tipo V obtuvimos 1.36 m/día contra un previsto de 0.84 m/día. A pesar de la presencia de 87.1 m de Roca Tipo V, la Productividad, medida en términos de m/día resultó favorable.

- Comparando nuevamente con la tabla 3.4 la observación más resaltante, es que los porcentajes previstos por tipo de roca variaron, es decir, no se cumplió la presencia de los tipos de roca indicados, con los cuales se desarrollaron las previsiones de tiempo y costo. El caso de la Roca Tipo V, por ejemplo, no cumplió su presencia de 2.9% en ningún frente, por el contrario, en toda la longitud del túnel se obtuvo un 10% no previsto, estas condiciones geológicas hicieron la variante en la productividad e incremento del costo.
A pesar de la presencia de 87.1 m de Roca Tipo V, la Productividad, medida en términos de m/día resultó muy favorable para el cumplimiento de la Meta del Desvío del Río Huallaga.

- Del análisis de Equipos de Excavación subterránea se obtienen datos específicos para cada uno, el Proyecto básico determinó que los trabajos Productivos debían alcanzar el 60% del tiempo de trabajo, sumando y agrupando las actividades realizadas en Productivos, contributivas y no contributivas.

- Del Jumbo, equipo de perforación para Excavación de bóveda, se obtuvo que, de todas sus actividades realizadas, su trabajo productivo que es básicamente Perforación, abarca sólo el 46.07%, teniendo un déficit de 15.93% para alcanzar el óptimo.

Además presenta un porcentaje mayor de actividades Contributorias, que son maniobras para ingresar y salir del Frente de trabajo, ello porque no es un equipo de transporte e ingresa a una velocidad menor.

Por otro lado, las actividades No contributorias, es decir, las esperas, restan un porcentaje de 6.98 del tiempo, ello en la espera de instrucciones.

- Del cargador Frontal, equipo de acarreo de material de voladura, en Excavación de Bóveda, se obtuvo que las actividades productivas sólo alcanzan un 35.66% de su tiempo utilizado, las actividades consideradas son recojo de material y descarga de material, el déficit alcanza un 24.34% para llegar el óptimo.

Además presenta un porcentaje de 53.91% de actividades Contributorias, que son movimiento de material para homogenizar y transporte para mayor trabajabilidad.

Por otro lado, las actividades No contributorias, es decir, las esperas, restan un porcentaje de 10.43 de su tiempo, ello en la espera de volquetes para descargar el material

- Del cargador Frontal, equipo de acarreo de material de voladura, en Excavación de Banco, se obtuvo que las actividades productivas alcanzan un porcentaje promedio de 50.60% de su tiempo utilizado, muy cercano al óptimo, las actividades consideradas son recojo de material y descarga de material.

Además presenta un porcentaje promedio de 45.15% de actividades Contributorias, que son movimiento de material para homogenizar y transporte para mayor trabajabilidad.

Por otro lado, las actividades No contributorias, es decir, las esperas, restan un porcentaje de 4.25% de su tiempo, ello en la espera de volquetes para descargar el material, mucho menor a la excavación de Bóveda.

- Del Volquete, equipo de transporte de material de voladura, en Excavación de Bóveda, se obtuvo que las actividades productivas alcanzaron un 54.76% de su tiempo utilizado, muy cercano al óptimo, las actividades consideradas son espera de carguío y salida con la carga.

Además presenta un porcentaje de 31.34% de actividades Contributorias, que son principalmente maniobra de volquetes.

Por otro lado, las actividades No contributorias, es decir, las esperas, restan un porcentaje de 13.90 de su tiempo, ello en la cola de espera de volquetes para cargar el material.

- Del Volquete, equipo de transporte de material de voladura, en Excavación de Banco, se obtuvo que las actividades productivas alcanzan un porcentaje promedio de 41.49% de su tiempo utilizado, las actividades consideradas son espera de carguío y salida con la carga.

Además presenta un porcentaje promedio de 28.24% de actividades Contributorias, que son que son principalmente maniobra de volquetes.

Por otro lado, las actividades No contributorias, es decir, las esperas, alcanzan un porcentaje promedio bastante alto de 30.26% de su tiempo, ello en la cola de espera de volquetes para cargar el material, interviene aquí la transitabilidad de los volquetes, lo que se vio disminuido porque la excavación por banqueo se llevó a cabo en ambos lados, derecha e izquierda, conectados con rampas, era inevitables el tránsito en zigzag, las colas provenían desde el ingreso.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo ratifica las siguientes ideas:

- El 02 de mayo de 2011 se inició la construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla, ubicado entre los distritos de Chaglla y Chinchao, provincia de Pachitea, Departamento de Huánuco, a 420 Km de Lima, que tendrá una potencia total de 456 megawatts (MW) 2,716 Gw-h/año (gigawatts hora al año), convirtiéndola en la tercera hidroeléctrica más grande del país, después de la Antúnez de Mayolo ubicada en el Mantaro y Cerro del Águila.
- El área del proyecto se caracteriza por tener un clima húmedo y lluvioso, dependiendo de la estación.
- La Geología de la zona del Proyecto, está dada por el Grupo Pucará, compuesta de calizas micríticas un poco dolomíticas, bituminosas y nodulares, la estratificación es mediana a gruesa.
- Actualmente, la Productividad es un punto de cuidado dentro del ámbito de construcción, pues se desarrolla en un mundo competitivo que exige Calidad, Producción, Costos adecuados, Tiempos Estándares, Eficiencia, Innovación, Nuevos métodos de trabajo, Tecnología, y muchos otros conceptos.
- Productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Estos recursos productivos, incluyen el factor humano, mecánico (equipos y herramientas), y los materiales o insumos, que interactúan en un proceso afectado por las condiciones climáticas y/o ambientales.
- Hay muchas maneras para incrementar la productividad, por ejemplo: mejor combinación de mano de obra y equipo, uso más eficiente del equipo y de las herramientas, utilización de mejores materiales, mejoramiento de las técnicas de Management, control de un ambiente hostil, mejoramiento de los esfuerzos laborales, mejoramiento a través del entrenamiento de la mano de obra, reducción y simplificación de las reglamentaciones y la gestión y las operaciones de un proyecto.

- Las investigaciones han mostrado que después de nueve semanas de horas extras continuas, el rendimiento logrado en una semana de 50 horas es menor de aquel que se habría podido lograr en una semana de 40 horas.
- La curva de aprendizaje, la primera vez que un individuo ejecuta una tarea, trabajará de manera lenta porque está aprendiendo como hacerla. Repitiendo varias veces la operación, el tiempo requerido para la operación disminuirá. El individuo adquirirá la habilidad necesaria que le permitirá reducir el tiempo de ejecución
- Condiciones climáticas, los seres humanos producen con eficacia en su trabajo cuando la temperatura está entre 10 y 21° C en una humedad relativa entre 30 y 80%, en una atmósfera sin polvo y sin ruido excesivo. Desviaciones de estos valores producen efectos negativos en la productividad, seguridad y salud.
- Para poder desarrollar una actitud positiva y dirigir el trabajador hacia la compañía, el supervisor debería considerar las necesidades típicas de cada trabajador: orgullo en su propio trabajo, que incluye reconocimiento y proporciona al trabajador un sentido de realización; sistema de medición del desempeño, que suministra al trabajador una base para medir su propio desempeño, y un canal de comunicación eficiente, que asegure que se puede dar la información correcta a la persona indicada en el momento oportuno y de la manera menos costosa.
- Dentro de la ejecución de una tarea o actividad de construcción se distinguen:
 - o *Trabajo productivo (TP)*: aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción.
 - o *Trabajo contributorio (TC)*: aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo.
 - o *Trabajo no contributorio o no productivo (TNC)*: cualquier actividad que no corresponda a alguna de las categorías anteriores, es decir, que no genera valor y no contribuye a otra actividad.
- Un túnel es una obra subterránea de carácter lineal, cuyo objeto es la comunicación de dos puntos, para realizar el transporte de personas, materiales entre otras cosas.

- El desvío del río Huallaga está ubicado en la margen izquierda del Río Huallaga, tiene una longitud de 1.111,2 m (Incluyendo su estructura de control) con los pisos de los portales de entrada y salida ubicados en las elevaciones 1.004,00 m y 1.000,00 m, respectivamente. El túnel presenta una sección arcocorrectángulo con 12,50 m de ancho y 12,50 m de altura.
- La perforación de túneles del Proyecto está caracterizada por la repetición sistemática de ciclos que comprenden las siguientes actividades: Evaluación geológica, cartografiado y definición del sostenimiento, Sostenimiento con concreto lanzado ("Shotcrete"), Marcación topográfica, Perforación, Instalación de los pernos, Carguío de los explosivos, Disparo y ventilación, Extracción de material detonado (desmonte), Desatado mecánico y/o manual
- La excavación del Túnel de Desvío de la Central Hidroeléctrica Chaglla, se atacó desde tres frentes de trabajo, para lo cual, se excavó una Ventana de Acceso al Túnel, de 102.5 m de longitud, con una sección de 5.00 m x 6.50 m, área de Sección 29.81 m²
- En toda la longitud de la Excavación del Túnel de Desvío tuvo un incremento de \$ 3'323,796.35 pero en situación de plazo, llegamos a culminar la excavación con 68 días de anticipación, de haber trabajado los 68 días de anticipación, con avance de 1m por día, sólo en mano de Obra y Equipos se hubiera gastado \$ 14'222,534.30, lo cual ahorramos; y en términos de Plazo y continuidad de Obra, sólo anticipando el desvío del Río en Agosto del 2012, íbamos a lograr el inicio del Relleno de la Presa, acorde al periodo de precipitación, que inicia en Octubre.
- El Frente 01 Aguas Arriba, presentó que pese a que la Roca predominante era la Tipo III, de condiciones medias, la Productividad con respecto a la Ingeniería Básica cayó considerablemente, de 3.42 m/día a 2.05 m/día, sin embargo, cabe resaltar, que durante la ejecución de este frente se ejecutó una sobreexcavación bastante amplia de manera obligatoria para la construcción de la Estructura de Control.
En este Frente la Excavación subterránea *No Fue Productiva*.
- El Frente 01 Aguas Abajo, se identificó presencia de roca Tipo V, de malas condiciones, esta roca, necesita un sostenimiento especial, con incorporación de cimbras metálicas cada metro, que funcionan como

marco de la sección, para evitar la caída del techo de la excavación, además de malla electrosoldada y Concreto lanzado, Shotcrete, todo ello implica, mayor tiempo en el proceso de sostenimiento e incremento de costo. La Productividad es baja por condiciones geológicas.

En este Frente la Excavación subterránea *incremento* el ratio de m/día, se concluye que los trabajos fueron *Productivos*.

- El Frente 02 comparado con la tabla 3.4 ratios de Ingeniería básica, obtenemos que para Roca tipo II alcanzamos 6.51 m/día contra un previsto de 4.01 m/día, para Roca tipo III 4.63 m/día contra un previsto de 3.42 m/día, para Roca tipo IV 3.24m/día contra un previsto de 1.07 m/día y para Roca tipo V obtuvimos 1.36 m/día contra un previsto de 0.84 m/día.

A pesar de la presencia de 87.1 m de Roca Tipo V, la Productividad, medida en términos de m/día resultó muy favorable.

Los ratios fueron superados, se determina que la Excavación Subterránea en este frente fue *Productiva*.

- Los resultados de incremento de Productividad, se debieron principalmente a:
 - o La mano de obra inició con ratios de avance bajos, debido a la iniciación en las labores, en cuanto se fue avanzando en la excavación, fueron tomando mayor experiencia y practica obteniendo mejores y más rápidos resultados.
 - o Además de ello, la gestión del Supervisor, Gerente del Proyecto, hizo la diferencia, pues se propusieron metas de avance mensuales con incentivos económicos, “bonos”, en pro del cumplimiento del Hito de Obra, Desvío del Río.
 - o Se implementó en toda la Excavación doble turno de trabajo, con lo cual, los trabajadores cumplían su trabajo en el tiempo normal de rendimiento, evitando horas extras y desgaste, que derivan en menores productividades.
 - o Debido a los dobles turnos, dos grupos de trabajo distintos, se generaron patrones de competencia, entre ambos grupos, dando mejores resultados al conjunto de la Excavación.

- Del análisis de Equipos de Excavación subterránea se obtuvieron datos específicos para cada uno, el Proyecto básico determinó que los trabajos Productivos debían alcanzar el 60% del tiempo de trabajo, sumando y agrupando las actividades realizadas en Productivos, contributivas y no contributivas.
 - o El Jumbo, en Excavación de Bóveda, presentó porcentajes altos de tiempo en actividades Productivas de perforación pero no alcanzó el óptimo de 60%.
Además presenta actividades No contributivas, en 6.98% del tiempo, ello en la espera de instrucciones.
 - o El cargador Frontal, alcanzó en Excavación de Bóveda 35.66% de actividades productivas, mientras que en Excavación de banco obtuvo un 50.60%, ello porque las áreas de excavación difieren ampliamente y el volumen a movilizar el menor, los tiempos involucrados serán menores.
 - o El Volquete, equipo de transporte de material de voladura, en Excavación de Bóveda, se obtuvo que las actividades productivas alcanzaron un 54.76% de su tiempo utilizado, muy cercano al óptimo, las actividades consideradas son espera de carguío y salida con la carga. Mientras que, en Excavación de Banco, se obtuvo que las actividades productivas alcanzan un porcentaje promedio de 41.49% de su tiempo utilizado, la variación debida a la diferencia de volúmenes.
- Se concluye que ninguno de los equipos alcanzó el porcentaje óptimo previsto de 60%, cuyo valor es relativamente alto, pues dentro de este trabajo también se ha mencionado que los trabajos productivos alcanzan hasta 50%, además del estudio de Virgilio Ghio, que indica que en Edificaciones sólo alcanzan el 28%.

6. RECOMENDACIONES

Para los posteriores trabajos de Excavación Subterránea se presentan las siguientes sugerencias:

- Previsión de Tiempo y Costo de las Excavaciones subterráneas faltantes, como Túnel de Aducción y Túneles Vertederos de la Central Hidroeléctrica Chaglla, considerando los ratios obtenidos del acompañamiento del Túnel de Desvío y su ventana.
- Para los equipos estudiados, se presentan las siguientes recomendaciones para mejorar la utilización del tiempo.

- Jumbos:

- El tiempo de espera de instrucciones, considerado como tiempo No contributorio, podría disminuir con aumento de coordinación al inicio de cada turno.
- El responsable de excavación debe mejorar la productividad de sus operarios con capacitaciones técnicas, que ayuden a su desempeño y una respuesta más rápida, en lugar de esperar demasiado tiempo las instrucciones.

- Cargador frontal:

- Para la disminución de tiempos de espera de volquetes se recomienda la organización del otro equipo involucrado.
- Para disminuir los tiempos en actividades contributivas se recomienda que el material no sea transportado longitudes mayores, por ello, los volquetes deben ingresar y posicionarse lo más cercano al cargador frontal.

○ Camiones Volquetes:

- Para la disminución de tiempos muertos, específicamente en cola de espera de volquetes, que a su vez retrasa el trabajo de los cargadores frontales, se recomienda el manejo del espacio de los operadores, de manera que se puedan colocar en filas y no en columnas, así el cargador frontal pueda abastecer a más volquetes en menos tiempo.
- Para la disminución de los tiempos contributivos, como son maniobra de volquetes, se recomienda la excavación de nichos de volteo para mejorar los giros y ubicación organizada de los mismos. Ello mejorará el tiempo de este equipo y de su colaborador el Cargador Frontal.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros:

- Contrato de construcción de la Central Hidroeléctrica Chaglla, Contrato de Construcción EPC, Anexo 19.1 Obras Subterráneas a Precios Unitarios.
- González V. (2002) Ingeniería geológica. Pearson Educación (Ed), *Túneles*: 487-539. Madrid.
- López J. (1997). *Manual de túneles y obras subterráneas*. Gráficas Arias Montano, S.A., Mostoles (Madrid).
- Puertas H. (2010), *Estimación de Coste Y Plazo en Proyectos de Túneles Ejecutados Mediante Excavación Convencional Y Voladura*. Universidad Politécnica de Catalunya, España.
- Diplomado *Gerencia en la construcción*, expositor: Jorge Luis Izquierdo
- Ghio C. (2001) *Productividad en Obras de Construcción*, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- (Cap. 10 Túneles, Ingeniería Geológica, Vallejo)

Páginas Web:

- <http://conbotassucias.wordpress.com/tuneladoras/tuneles/>
- <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/category/excavaciones-yvoladuras/metodos-y-equipos-de-excavacion-en-tuneles/>
- <http://www.fierasdelaingenieria.com/metodos-de-excavacion-de-tuneles-mediante-perforacion-y-voladura/>
- <http://blogs.cnnexpansion.com/soy-competitivo/2010/09/06/rendimiento-y-productividad/>
- <http://www.ilo.org/publicspanish/employment/reconnect/download/tasas.pdf>

8. ANEXOS

Anexo I. Galería Fotográfica

Anexo II. Planos de Túnel de Desvío

Anexo II.1. Planta y Perfil Túnel de desvío

Anexo II.2. Túnel de Desvío, Sostenimiento

Anexo III. Cronograma Básico

ANEXO I. GALERÍA FOTOGRÁFICA



Foto 1. Portal de Ventana de Acceso



Foto 2. Ventana de Acceso



Foto 3. Frente 01 Aguas Arriba



Foto 4. Frente 01 Aguas abajo

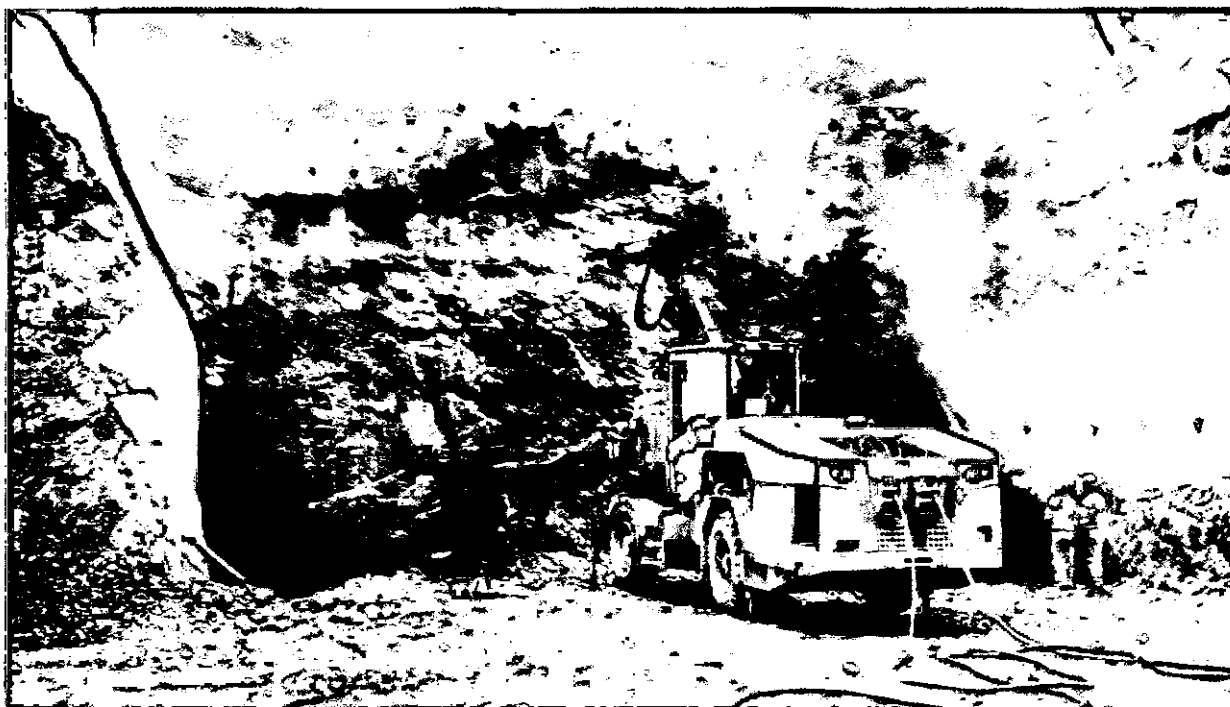


Foto 5. Portal de Salida



Foto 6. Frente 02

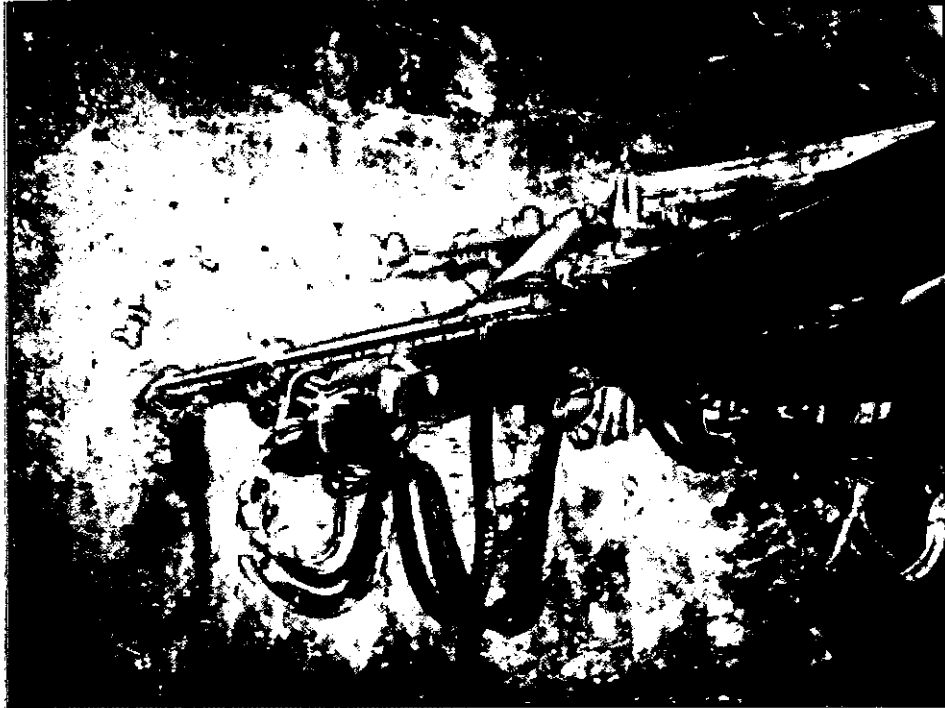


Foto 7. Perforación con Jumbo

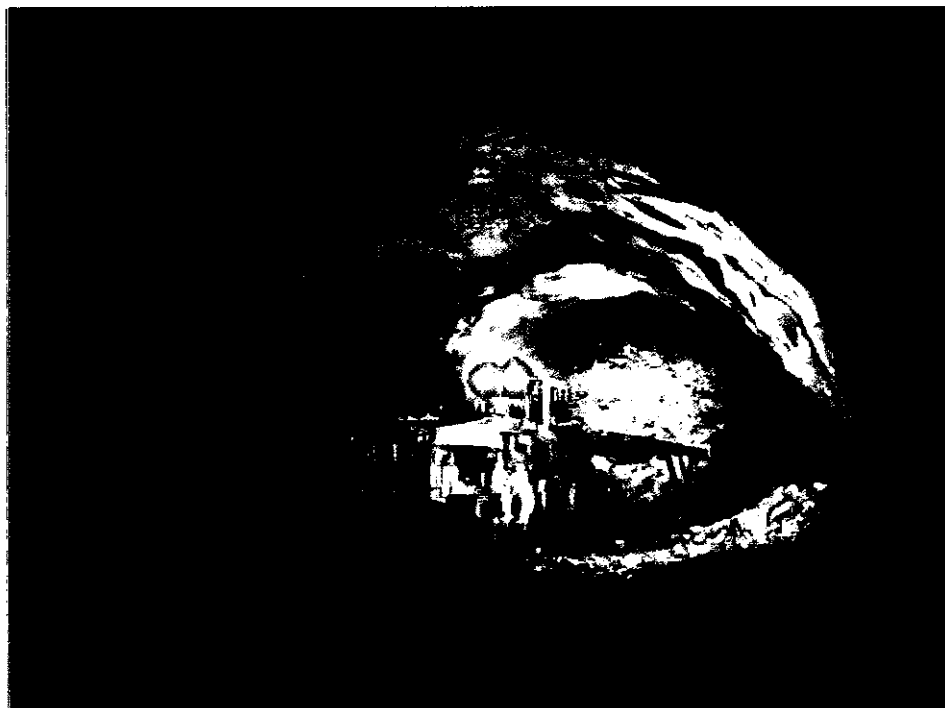


Foto 8. Perforación con Jumbo

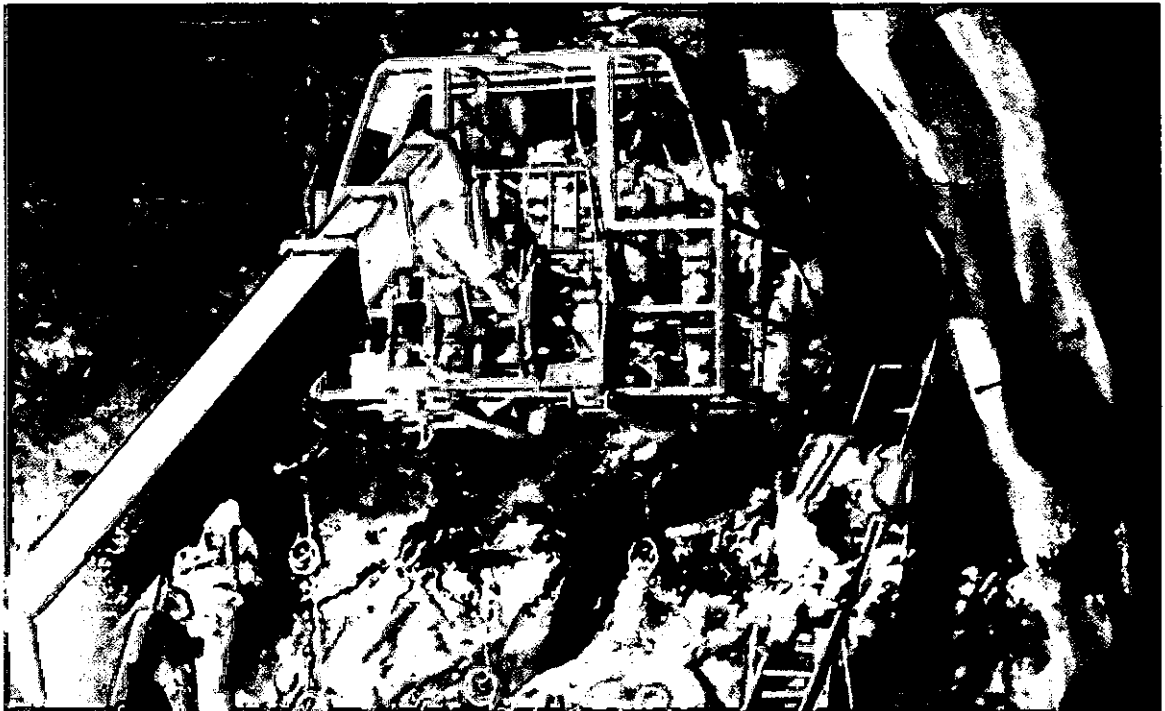


Foto 9. Colocación de Explosivos



Foto 10. Movimiento de tierras, Acarreo del Material de voladura



Foto 11. Movimiento de tierras, Cargador frontal y volquetes



Foto 12. Volquetes en línea, transporte de material



Foto 13. Concreto lanzado, Shotcrete para Sostenimiento

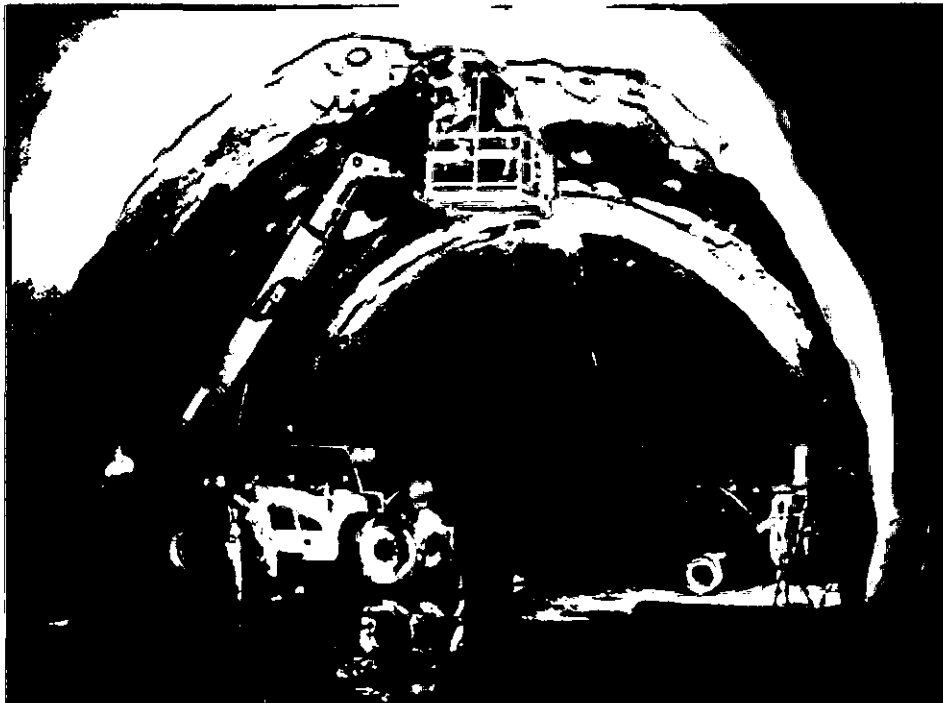


Foto 14. Colocación de Sostenimiento - Mallas



Foto 15. Frente 01 Aguas Arriba, Sobreexcavación para Estructura de Control

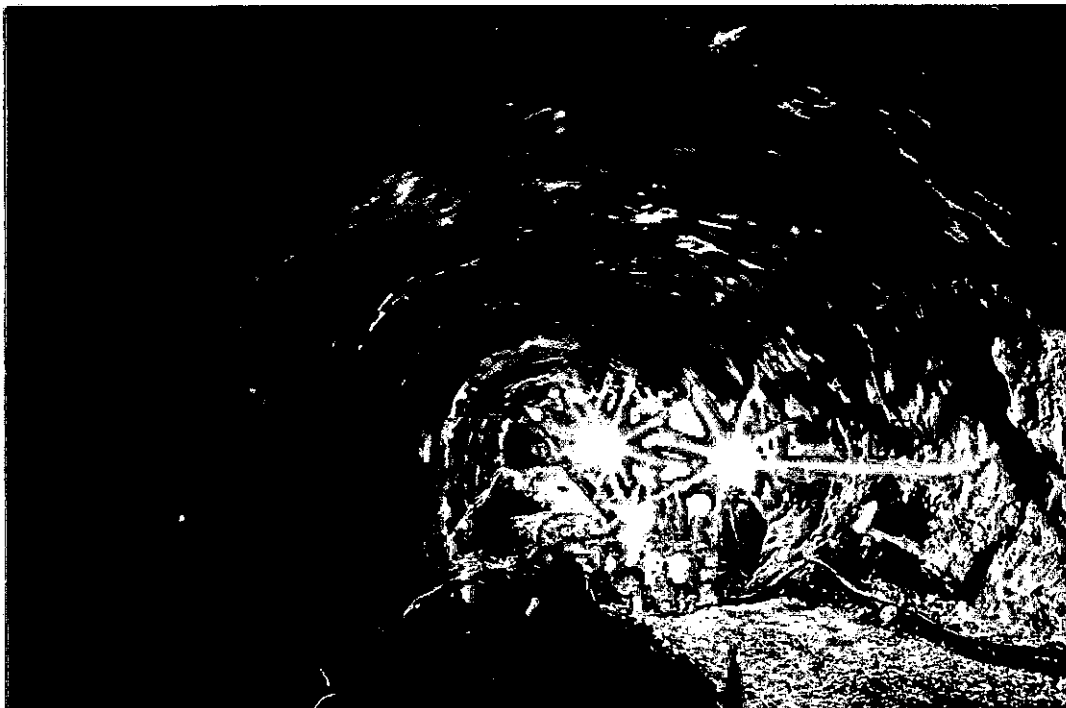


Foto 16. Vista de Excavación de banco, rampas de acceso



Foto 17. Vista de Excavación de banco con Track Drill



Foto 18. Vista de Excavación de banco con Track Drill



Foto 19. Carga de Explosivos



Foto 20. Armado de malla para Excavación de Banco



Foto 21. 10 de Agosto 2014, Día del Desvío, Túnel Culminado



Foto 22. Desvío del Río Huallaga por Túnel



Foto 23. Paso del Río Huallaga por el Túnel de Desvío